

T.Mon  
629.8  
S211  
2011

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**IMPLEMENTACIÓN DE INGENIERÍA DE PROYECTO EN TRES ÁREAS DE  
PROCESO DE LA REFINERÍA MANAGUA (ESSO STANDARD OIL, LTDA. S.A.)**

INFORME DE RESULTADOS FINALES DE PRÁCTICA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

**Br. Daniel Ernesto Sánchez Solís**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO QUÍMICO**

TUTOR

**Ing. Javier Ramirez**

ASESOR

**TkLn Ing. Norvin Torrez**

Managua, Nicaragua 2011

## **Resumen**

El presente trabajo se enfoca principalmente en el diseño de proyectos de ingeniería bajo la temática del Control Automático de Procesos en distintas áreas de la Refinería Managua (ESSO Standard Oil de Nicaragua), abarcando también otros aspectos de la Ingeniería Química. Se desarrollaron tres actividades de forma práctica, los resultados de las cuales se presentan en forma de tres Reportes Técnicos. En el primer Reporte Técnico se describe el diseño de una sección de tubería preparado para superar una condición de operación desfavorable en el sistema de vapor y agua de proceso del sitio. En el segundo Reporte Técnico se evalúa la aptitud de las actuales bombas y válvula de control de flujo de Diesel a tanques frente a una proyección de expansión en ese sistema. En el tercer y último Reporte Técnico, se describe el diseño y selección de un remplazo para la actual válvula de control de presión de combustible e instalaciones anexas de dos hornos de proceso de la misma empresa.



## **Agradecimientos**

El desarrollo de este trabajo no hubiera sido posible sin la ayuda de las siguientes personas, a quienes están dirigidos mis más sinceros agradecimientos:

A mis padres y familiares, por el apoyo incondicional durante todo el camino de preparación a lo largo de estos años.

Al Ing. Javier Ramírez por la paciencia y el impulso para la realización y tutoría de este trabajo.

Al Ing. Norvin Torres Mairena, por la disponibilidad y el apoyo en las gestiones como contraparte de la empresa, y como amigo y profesional por los consejos recibidos.

A la Gerencia y al personal de la Refinería Managua (MANREF – ESSO Standard Oil, Ltda. S.A.) por el espacio, los recursos tanto materiales como intelectuales y la oportunidad brindados, así como por toda la experiencia y el aprendizaje absorbidos de todos ellos.

Mujerita del copi!

A todos, muchas gracias.

## Tabla de Contenido

Resumen.....	1
Agradecimientos.....	2
Tabla de Contenido.....	3
<b>I. Introducción General.....</b>	<b>7</b>
<b>II. Cronograma de Actividades.....</b>	<b>9</b>
<b>III. Reporte Técnico N° 1: Diseño de Línea Alterna de Succión de Bombas en Sistema de Vapor de Utilidades de la Refinería Managua (ESSO Estándar Oil Ltda. de Nicaragua).....</b>	<b>10</b>
<b>1. Objetivos de la Actividad.....</b>	<b>11</b>
<b>2. Descripción del Área de Trabajo.....</b>	<b>11</b>
<b>3. Análisis e Implementación.....</b>	<b>12</b>
3.1 Selección de la Trayectoria de la Nueva Línea.....	12
3.1.1 Consideraciones de espaciamiento.....	12
3.1.2 Consideraciones relativas a los soportes de tubería.....	13
3.2 Diseño Mecánico.....	13
3.2.1 Selección de material y detalles adicionales de tubería.....	13
3.2.2 Especificación de accesorios de tubería.....	14
3.2.3 Especificación de conexiones.....	14
3.2.4 Confirmación de rating de presión requerido.....	15
3.2.5 Confirmación de cédula (espesor de pared) de tubería.....	15
3.3 Diseño Hidráulico.....	16
3.3.1 Cálculo de caídas de presión y comprobación de diámetro.....	16
3.3.2 Consideraciones relativas a la velocidad lineal de flujo resultante.....	17

3.3.3 Comprobación de carga neta de succión positiva disponible para las bombas (NPSH <sub>A</sub> ).....	18
3.4 Resumen de Materiales y Costos.....	19
<b>4. Comentarios y Consideraciones Finales.....</b>	<b>19</b>
4.1 Consideraciones sobre seguridad e impacto ambiental.....	19
4.2 Recomendaciones sobre la operabilidad de la nueva línea.....	20
<b>5. Conclusiones.....</b>	<b>20</b>
<b>6. Referencias.....</b>	<b>21</b>
<b>III. Reporte Técnico N° 2: Revisión de Hidráulica en la Línea de Diesel a Tanques Para Proyecto de Expansión del Sistema en la Refinería Managua.....</b>	<b>23</b>
<b>1. Objetivos de la Actividad.....</b>	<b>24</b>
<b>2. Descripción del Área de Trabajo.....</b>	<b>24</b>
<b>3. Desarrollo.....</b>	<b>25</b>
3.1 Consideraciones Generales Sobre la Hidráulica del Sistema.....	25
3.1.1 Consideraciones relativas a las bombas.....	26
3.1.2 Consideraciones relativas a la válvula de control.....	27
3.1.3 Consideraciones relativas a la seguridad en el diseño.....	28
3.2 Bases Para el Cálculo y Estimación de Caídas de Presión.....	28
3.3 Descripción del Proceso de Cálculo y Fuentes de Información.....	29
3.3.1 Línea de descarga.....	29
3.3.2 Línea de succión.....	29
3.3.3 Bombas.....	29
3.3.4 Válvula de control FV-725.....	29
3.3.5 Punto de Igualdad.....	29
<b>4. Comentarios y Consideraciones Finales.....</b>	<b>30</b>

4.1 Discusión de Resultados.....	30
4.2 Recomendaciones finales.....	33
4.2.1 Recomendaciones relativas a la operación del sistema.....	33
4.2.2 Recomendaciones relativas a la seguridad en la operación.....	33
<b>5. Conclusiones.....</b>	<b>33</b>
<b>6. Referencias.....</b>	<b>34</b>
 <b>IV. Reporte Técnico N° 3: Diseño de Reemplazo Para la Válvula de Control de Presión del Fuel Oil (Bunker) Usado Como Combustible en Hornos de Proceso de la Refinería Managua.....</b>	 <b>36</b>
<b>1. Objetivo de la Actividad.....</b>	<b>37</b>
<b>2. Descripción del Área de Trabajo.....</b>	<b>37</b>
<b>3. Desarrollo.....</b>	<b>38</b>
3.1 Consideraciones Generales Sobre Válvulas de Control.....	38
3.2 Bases de Diseño.....	39
3.2.1 Identificación de condiciones operativas de diseño.....	39
3.2.2 Identificación de escenarios de flujo y caudal de diseño.....	40
3.2.3 Consideraciones relativas a las caídas de presión en el sistema.....	41
3.2.4 Dimensionamiento y especificación de la nueva válvula de control.....	42
3.3 Propuesta de Modificaciones a las Secciones de Tubería Anexas.....	45
3.3.1 Modificaciones al trazado de la línea.....	45
3.3.2 Modificaciones a instalaciones y accesorios en la línea.....	46
3.3.3 Consideraciones relativas a los soportes de la tubería.....	47
3.4 Diseño Mecánico.....	47
3.4.1 Selección de materiales.....	47

3.4.2 Especificación de conexiones y accesorios de tubería.....	48
3.4.3 Confirmación de rating de presión requerido.....	49
3.4.4 Confirmación de cédula (espesor de pared) de tubería.....	49
3.5 Diseño Hidráulico.....	50
3.5.1 Comprobación de diámetro de tubería.....	50
3.5.2 Consideraciones relativas a la velocidad lineal de flujo resultante.....	50
3.6 Resumen de Materiales y Costos.....	51
<b>4. Comentarios y Consideraciones Finales.....</b>	<b>51</b>
4.1 Consideraciones sobre seguridad e impacto ambiental.....	51
4.2 Discusión de resultados.....	51
4.3 Recomendaciones finales.....	60
<b>5. Conclusiones.....</b>	<b>60</b>
<b>6. Referencias.....</b>	<b>61</b>

## **I. Introducción General**

A pesar del reciente auge de las fuentes de energía renovable, es innegable el hecho de que la industria del petróleo continúa siendo hoy en día uno de los pilares de la economía global. La estrecha relación entre la productividad de una región y la disponibilidad de derivados de petróleo en ella deja de manifiesto la altísima importancia que este rubro mantiene en la sociedad actual. La industria del petróleo en general, y en particular la refinación de éste para obtener productos de valor comercial, es también uno de los campos de aplicación más amplios para la Ingeniería Química gracias al gran número de aspectos de esta profesión que responden de manera individual y global a las necesidades técnicas propias de la operación de las plantas dedicadas a esta actividad. Dentro de este universo se ubican las tareas de ingeniería aplicadas al diseño y optimización de procesos y equipos, dirigidas tanto a la resolución de problemas propios de la operación cotidiana de los equipos e instalaciones como a la evaluación y renovación de estas últimas frente a los requerimientos de expansión y actualización tecnológica correspondientes al crecimiento empresarial.

En el presente trabajo se describe el desarrollo de un total de tres asignaciones de ingeniería aplicada completadas a lo largo del presente año en la Refinería Managua de la empresa ESSO Standard Oil, Ltda. S.A. El documento está dividido en tres reportes técnicos que exponen en detalle el contenido de cada uno de los trabajos y los resultados correspondientes. Aunque la temática central hacia la cual están orientados los objetivos de estos trabajos es el control automático de procesos, otras disciplinas como la mecánica de fluidos y la transferencia de calor, entre otras, son igualmente tratadas y representan una parte importante del contenido que se presenta.

En el primer reporte técnico se discute el diseño de una sección de tubería alterna a la actual línea de succión de dos bombas de proceso utilizadas para la alimentación de agua a los equipos generadores del vapor de proceso utilizado en planta para diversos fines como respuesta a una condición operativa desfavorable en la cual el flujo a través de la tubería original se encuentra restringido por un excesivo depósito de sólido en su interior como consecuencia de reiterados problemas en la calidad del agua. Las restricciones en la tubería tienen consecuencias negativas importantes sobre la operación de la planta pues la inestabilidad en el flujo representa un riesgo inminente de pérdida de calidad en la producción, daños a las bombas y otros equipos, etc. Considerando que la ejecución de las actividades requeridas para una mejoría inmediata en la calidad del agua de alimentación no es posible por razones de logística, el diseño de la sección de tubería nueva permite operar las bombas y demás equipos relacionados de forma estable y confiable al permitir retirar para limpieza una sección de forma alternante sin tener que detener la generación de vapor (en dependencia de las condiciones operativas del momento esto representaría un probable paro no planificado de la refinería y consecuencias económicas sensiblemente negativas). El diseño, por supuesto, comprende también todos los aspectos técnicos requeridos para la construcción, instalación y operación segura y confiable de las modificaciones a realizar.

El segundo reporte técnico detalla un análisis sobre las actuales líneas que conducen la producción de Diesel hacia los respectivos tanques de almacenamiento para determinar la aptitud desde el punto de vista hidráulico del conjunto comprendido por las bombas que mueven el fluido a través de ellas y la válvula que controla la tasa de flujo frente a la adición de nuevos

equipos que significarán caídas de presión significativamente mayores en el sistema. Los nuevos equipos serán añadidos como parte de un proyecto de expansión que apunta a mejorar los resultados de calidad del producto final y que representará un beneficio económico significativo. La evaluación que se describe está dirigida entonces a definir las condiciones en que operarán los elementos ya existentes en el sistema, identificar eventuales condiciones de subdimensionamiento u otras dificultades técnicas y el correspondiente impacto en la operación futura, y proponer en última instancia las medidas correctivas o mitigantes que den paso a la operación segura y confiable del sistema una vez añadidos los nuevos equipos.

El tercer y último reporte técnico presenta el diseño de un remplazo para la válvula que controla la presión del bunker alimentado como combustible a dos hornos de proceso del sitio. En las condiciones actuales, la válvula de control como elemento final del lazo de control, opera a condiciones extremadamente diferentes a aquellas para las cuales fue diseñada, resultando en un desempeño sumamente pobre que tiene consecuencias negativas importantes sobre la estabilidad en el control y la seguridad en la operación del horno. Adicionalmente, la válvula de control y las instalaciones anexas se encuentran en un estado de deterioro avanzado que tiene efectos similares a los ya mencionados con los aspectos de diseño. El contenido del reporte técnico discute el proceso de determinar las especificaciones técnicas de una nueva válvula apropiada para las condiciones y requerimientos actuales del sistema, comprendiendo el dimensionamiento de la misma, el planteamiento de las consideraciones para la selección de un tipo y modelo específicos de entre las diferentes opciones técnicas y comerciales y la propuesta de mejora de las instalaciones anexas. La válvula especificada según los resultados de este trabajo representa la opción comercial más favorable que cumple con los requisitos de la aplicación.

El contenido de estos tres reportes técnicos ha servido como base teórica y guía técnica para la ejecución de las propuestas de solución presentadas frente a los problemas discutidos en cada uno de ellos. De esta manera, los diseños y recomendaciones presentados en los primeros dos reportes técnicos ya han sido ejecutados en la planta, estando el tercero de ellos en la fase de preparación para su ejecución en el próximo paro de planta programado.

El uso de la variante del sistema inglés de unidades utilizada en los Estados Unidos de América es por norma general la práctica preferida en la empresa, y está también extendido en la mayoría de las guías y manuales técnicos a los que se hace referencia. Por esta razón en este documento se expresa el valor numérico de todas las magnitudes en ese sistema de unidades en primer lugar, seguido del equivalente en el Sistema Internacional de Unidades (SI).

## II. Cronograma de Actividades

Nº	Actividad	Semana																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
1	Revisión Bibliográfica: consulta a bibliografía especializada, estándares internacionales, guías y estándares internos de la compañía.	X	X	X	X	X	X	X	X																								
2	Preparación de Línea Alterna de Succión de Bombas en el Sistema de Agua de Utilidades.									X	X	X	X	X	X																		
3	Evaluación de Dimensionamiento de Válvula de Control y Balance de Presión Para Proyecto de Expansión en Sistema de Diesel.															X	X	X	X	X	X	X											
4	Diseño de Reemplazo de Válvula de Control de Presión en Sistema de Fuel Oil a Hornos.															X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X



Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)

# Reporte Técnico N°1

*Diseño de Línea Alternativa de Succión de Bombas en Sistema de Vapor de Utilidades de la Refinería Managua (ESSO Estándar Oil Ltda. de Nicaragua).*

## 1. Objetivo de la Actividad.

- Diseñar una línea de succión alterna para las bombas de agua de utilidades que permita la operación continua del sistema de vapor en caso de obstrucción de las líneas principales.

## 2. Descripción del Área de Trabajo.

El vapor es uno de los fluidos de demanda común en las operaciones de refinación de petróleo gracias a la gran cantidad de aplicaciones que encuentra en casi todas las etapas y subprocesos que convierten el petróleo crudo en cada uno de las sustancias comerciales que de él se derivan (Fahim et al., 2010). Dentro de este contexto, en la Refinería Managua la producción de vapor representa una de las preocupaciones básicas para garantizar una operación provechosa: vapor es utilizado como medio de despoje en varias de las columnas de fraccionamiento de la planta y tiene por supuesto otros usos importantes como fluido de barrido de hidrocarburos para limpieza de líneas y equipos, como alimentación a los sistemas de vacío, etc.

El vapor en la planta es generado a la vez tanto en una caldera diseñada para tal fin, como en la zona de convección del horno principal, los cuales en su conjunto brindan la carga necesaria de vapor para la operación de todas las columnas y demás utilidades, siendo alimentado este sistema con el agua del sistema de utilidades proveniente de la cuenca subterránea de la que dispone la planta por dos bombas centrífugas que funcionan alternativamente. Estas bombas tienen asignados los *tags*: P-115 y Ps-106 y succionan directamente del recipiente de aireador del sistema, este último con el *tag*: D-112.

Para poder alimentarse a la caldera, el agua debe ser tratada previamente para reducir el contenido de minerales presentes en ella de forma natural y que tienden a depositarse en las tuberías del sistema y a lo interno de la caldera misma en forma de *dureza* (material de aspecto mineral compuesto básicamente de sales alcalinas y silicatos) como resultado de los cambios en las condiciones del fluido a lo largo de la línea (Nayyar, 2000). Estos depósitos son perjudiciales para la operación de los equipos rotativos, la eficiencia en la generación de vapor, el desempeño de la instrumentación y protecciones automáticas del sistema, entre otras afectaciones.

El sistema cuenta con un equipo de dos tratadores de agua a base de zeolita que funcionan de forma alternativa en una rutina que puede considerarse tipo batch: uno de ellos recibe la carga de agua de utilidades mientras el otro se encuentra en estado de regeneración, intercambiando de posición cada cierto tiempo. Sin embargo, a raíz de una tendencia al incremento en la frecuencia y duración con que estos equipos deben ser puestos fuera de servicio para reparaciones o mantenimiento en los últimos meses, la línea de succión de las bombas P-115 y Ps-106 se han obstruido por la excesiva dureza contenida en el fluido, provocando inestabilidad en el flujo alimentado a la caldera y el resto del sistema de vapor, teniendo a la vez un impacto negativo importante sobre la calidad de los productos del despoje y sobre la operación de la planta en general. Las actividades necesarias para la eliminación de la dureza, partiendo de una mejoría en la calidad del agua de alimentación (y por lo tanto necesariamente una mejoría en el funcionamiento de los tratadores de agua) y un

eventual tratamiento químico de limpieza, tendrían efecto en un período de tiempo lo suficientemente largo como para resultar impráctico para cumplir con los requerimientos de logística del momento en la compañía, que establecen como necesidad primaria garantizar la operación continua de la planta. Se justifica de esta manera la construcción de una facilidad temporal que satisfaga esta última necesidad.

El presente documento describe el diseño y especificación de los elementos para una línea de succión alterna hacia ambas bombas que permita superar de manera inmediata los problemas causados por los depósitos en la línea de succión principal (la cual sería temporalmente reemplazada cada vez que sea requerido) y garantice la operación continua y satisfactoria de la planta, que de otra forma tendría que detenerse hasta no eliminar la acumulación de depósitos.

### **3. Análisis e Implementación**

#### **3.1 Selección de la Trayectoria de la Nueva Línea.**

Según el diseño original, el proceso cuenta con dos bombas para una línea de succión común que proviene de una de las conexiones del fondo del deaireador D-112, el tambor deaireador del sistema (ver diagrama anexo en el apéndice 1A). Esta línea original que ha sufrido de excesivos depósitos de dureza, corre hasta la conexión de entrada de las bombas a como muestra el isométrico anexo, siendo esta área entre el tambor deaireador y las bombas una de las más congestionadas de la planta desde el punto de vista de espaciamiento entre las tuberías y los equipos ubicados en ella, especialmente a la altura con respecto al piso con que corre esta línea original.

El trazado de la nueva línea ha sido considerado para reemplazar a la línea original en la mayor parte de su recorrido, sin tener que remover la segunda para poder utilizar la primera.

En vista de que en el diseño original no es posible retirar la línea de la toma del tambor (pues esto significaría detener el flujo), para el diseño de la nueva línea se ha contemplado como punto de partida otra conexión ya existente y disponible sobre el mismo tambor. Desde este punto, la línea nueva recorre el área de forma paralela a la original hasta un segundo punto en el que se conecta a la sección final de esta última, la cual está a su vez directamente conectada en su otro extremo a las bridas del lado de succión de ambas bombas y que solamente será modificada en parte en vista de que su reemplazo completo significaría un retraso significativo en la instalación por no existir disponibilidad inmediata de los elementos que incluye<sup>1</sup>

##### **3.1.1 Consideraciones de espaciamiento.**

---

<sup>1</sup> En esta sección final son especialmente importantes los reductores excéntricos que se muestran en el isométrico anexo 1C, y que son requeridos por los estándares vigentes de la compañía en las instalaciones inmediatamente adyacentes a la brida de succión de las bombas. Esta forma específica de reductores es recomendada en las líneas de succión para reducir la probabilidad de formación de bolsas de aire y otros gases a la entrada del impulsor (Karassik et al., 2001).

La trayectoria elegida permite conectar ambas bombas directamente al tambor minimizando la longitud total del trayecto y por lo tanto los costos finales. Las prácticas internas de la compañía requieren por accesibilidad y operabilidad de un espaciamiento razonable entre tuberías y entre tubería y nivel de piso. La sugerencia general establecida en las mismas guías para tuberías sin aislamiento de NPS 4 es de 9 in (23 cm) entre tuberías y de al menos 6 ft 9 in (2 m) de espacio vertical. Ambas recomendaciones se han garantizado en la mayoría del trayecto, habiendo limitaciones por el nivel de congestión del área, que no admite mayor separación en ciertos puntos.

Realizar un trazado diferente con el objetivo de cumplir con las prácticas internas significaría multiplicar la longitud de la sección de tubería y el número de accesorios, lo cual no es justificable desde el punto de vista económico, especialmente si se toma en cuenta que la recomendación general para líneas de succión de bombas es obtener un trazado tan directo y corto como sea posible (Karassik et al., 2001). Adicionalmente, debe tomarse en cuenta que el trazado propuesto sería accesible en todos los puntos de soldadura requeridos para la instalación (aunque la sección es prefabricada en taller, se requiere la realización de algunas soldaduras en el campo para facilidad del montaje. Estos puntos de soldadura están indicados en el isométrico 1D).

### **3.1.2 Consideraciones relativas a los soportes de tubería.**

Durante el diseño de tuberías, los soportes son elementos periféricos de gran importancia en la instalación cuyo desarrollo exitoso va de la mano con un buen diseño y trazado de la línea (Nayyar, 2000). El espaciamiento y el tipo de elementos seleccionados para los soportes de la nueva línea de succión se han basado en las recomendaciones de la literatura para servicios de agua y en los modelos de soportes prediseñados propuestos en las guías internas de la compañía.

Para una tubería de NPS 4 en servicio de agua el espaciamiento recomendado entre soportes es de 14 ft (4.27 m) (Nayyar, 2000). El espaciamiento real diseñado se acerca en la medida de lo posible y con bastante éxito a esta recomendación, a pesar de que las condiciones de congestión del área reducen los espacios disponibles a nivel de piso para colocar los puntos de apoyo.

El modelo seleccionado es del tipo *Post Pipe Support* (soporte de tubería en poste), que es el más apropiado para secciones elevadas que deben ser soportadas desde el nivel de piso, y tiene la ventaja de poder soportar más de un tramo de tubería usando el mismo punto de apoyo. Esa es una ventaja importante si se toma en cuenta, una vez más, que el área en cuestión es pobre en espacios libres.

De forma complementaria a la elección de los elementos de soporte para el trazado propuesto de la línea, la literatura recomienda para cada diseño un análisis de esfuerzos (Perry et al., 1997). Este análisis ha sido realizado de forma independiente por la sección de Inspección de Equipos Fijos del Departamento Técnico de la Refinería Managua.

## **3.2 Diseño Mecánico.**

### **3.2.1 Selección de material y detalles adicionales de tubería.**

Junto al acero inoxidable, uno de los materiales más comunes para servicios generales a baja temperatura en instalaciones de tuberías en la mayoría de refinerías y plantas químicas es el acero al carbón (Perry et al., 1997). Este material, bajo las especificaciones ASME/ASTM A-106 [o las especificaciones equivalentes del Instituto Americano del Petróleo (API)], es también el estándar mínimo en la Refinería Managua para tuberías en aplicaciones que no exijan una mayor resistencia contra agentes corrosivos específicos u otros factores (ataque químico, condiciones especiales de temperatura, etc.).

La utilización de acero al carbón en el sistema de vapor y agua de utilidades ha demostrado ser aceptable por décadas por lo que este material resulta la elección más apropiada para el nuevo tramo de tubería y los accesorios que se incluyen en el diseño. Otro material para esta sección no sólo sería innecesario, sino que podría resultar en una interacción perjudicial entre las secciones adyacentes (Nayyar, 2000).

La tubería ha sido especificada de fabricación tipo “seamless” (sin costura o soldadura). Esta especificación es requerida por las prácticas internas de la compañía y obedece a razones de estandarización.

### **3.2.2 Especificación de accesorios de tubería.**

El trazado de la línea que ha sido propuesto reduce al mínimo la cantidad requerida de accesorios adicionales a los tramos de tubería recta. Todos los accesorios que son requeridos por el diseño han sido especificados para ser soldados a tope bajo el estándar ASME B16.9 (*Factory Made Wrought Butt welding Fittings*<sup>2</sup>), compartiendo la especificación del rating de presión y espesores con la tubería.

Las válvulas de bloqueo que será necesario reemplazar se han seleccionado según el estándar API 600 (*Steel Gate Valves*<sup>3</sup>) Estas válvulas están diseñadas para funcionar completamente abiertas o completamente cerradas, proporcionando un buen cierre, lo que las hace las válvulas de bloqueo por excelencia frente a otros diseños (Smith, 2005).

La especificación de todos los elementos adicionales (empaquetaduras, electrodos de soldadura, anclajes, acabados, formas, dimensiones adicionales y cantidades) están dirigidas a cumplir con los requerimientos para la instalación según la trayectoria propuesta y las prácticas mandatorias de la compañía.

### **3.2.3 Especificación de conexiones.**

La sección de tubería a instalar ha debido diseñarse con conexiones bridadas en los extremos para poderse conectar a las tomas ya existentes en el tambor y en la sección de tubería a retomar de la línea original. Las bridas tipo “weld neck” con acabado tipo “raised face” son la elección básica para aplicaciones generales. Todos los requerimientos mecánicos específicos para este tipo de conexiones están cubiertos por las secciones del código ASME dirigidos a la estandarización de bridas (ver especialmente ASME B16.5-2003).

---

<sup>2</sup> Según se indica en el alcance de esta publicación, este documento cubre entre otros aspectos la estandarización de las dimensiones, tolerancias y ratings de accesorios de tubería soldados a tope.

<sup>3</sup> Este documento recoge todos los requerimientos del Instituto Americano del Petróleo (API) para especificación y fabricación de válvulas tipo compuerta.

### 3.2.4 Confirmación de rating de presión requerido.

La presión del sistema que ha sido considerada para todos los aspectos del diseño de la nueva sección de tubería fue aquella indicada como promedio por el personal del departamento de operaciones de la planta y que fue confirmada directamente por la indicación local en campo. Este valor de presión de diseño es de aproximadamente 146 psig (1 MPa). La temperatura del sistema, por el contrario, no es una variable que se monitoree de forma regular, razón por la cual para el diseño se realizó una medición directa sobre la pared del tambor con ayuda de una pistola termométrica con un resultado de alrededor de 325 °F (162.7 °C) (el error causado por el grosor de la pared del tubo se compensa añadiendo cinco grados Fahrenheit al valor medido, pues por la experiencia en planta se sabe que al comparar esta lectura con la de un sensor de temperatura convencional en contacto con el seno del fluido la diferencia normalmente no supera este margen de diferencia).

Las conexiones bridadas cubiertas por los estándares ASME son ofrecidas comercialmente en clases o “ratings” de presión que determinan su aptitud para instalarse en sistemas a una determinada combinación de presión y temperatura (ASME B16.5-2003 *Pipe Flanges and Flanged Fittings*). Las bridas existentes que serán usadas para las conexiones con la sección nueva en los extremos de ésta son clase 150. Se ha comprobado que este rating es apropiado para las condiciones de diseño presentadas con anterioridad para el sistema de vapor (330 °F, 146 psig) (165.6 °C, 1 MPa) y por lo tanto será usado para las bridas de la sección de tubería nueva.

### 3.2.5 Confirmación de cédula (grosor de pared) de tubería.

En general, las líneas del sistema de vapor y agua de utilidades de la Refinería Managua están diseñadas con un grosor de pared delgado que no supera la cédula 40 o denominación estándar. La cédula de la tubería a instalar ha sido calculada usando la ecuación básica establecida en el estándar ASME B31.3 (*Process Piping*).

$$t_n \geq \frac{t_m}{0.875} = \frac{t + c}{0.875} \quad (1.1)$$

$$t = \frac{PD_o}{2(SEW + PY)} \quad (1.2)$$

Dónde:

$t_n$  : espesor de pared a utilizar para la selección de la cédula, in

$t_m$  : espesor mínimo de pared que satisface los requerimientos de presión más las tolerancias por profundidad de roscas, corrosión y erosión, in<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Puesto que la mayoría de las especificaciones de tuberías, incluyendo aquellas establecidas por ASME, admiten en beneficio del fabricante una tolerancia dimensional de hasta el 12.5% para el espesor de la pared, éste espesor puede ser hasta un 87.5% del valor nominal. Por lo tanto, para seleccionar la cédula basándose en el espesor de pared calculado, éste debe ser dividido entre 0.875 (ASME B31.1).

- $t$  : espesor mínimo por presión de diseño, in.
- $c$  : tolerancia total en pulgadas (in.) por corrosión, erosión y profundidad de roscas, sin incluir ninguna tolerancia por fabricación. Para servicios generales el valor estándar en la Refinería Managua es de 0.125 in.
- $P$  : presión interna de diseño, psig.
- $D_o$  : diámetro exterior de la tubería, in.
- $S$  : stress permisible, psi. Según la especificación de tubería cubierta por el estándar ASME B31.3 en su Apéndice A.
- $E$  : factor de calidad por juntas de soldadura longitudinal según ASME B31.3, Tabla 302.4.3. Para tuberías sin costura,  $E = 1.0$
- $Y$  : coeficiente adicional establecido en ASME B31.3, Tabla 304.1.1
- $W$  : factor de reducción de rigidez en juntas de soldadura, según ASME B31.3, párrafo 302.1.3 (e)

Con la ayuda de una hoja de cálculo de Microsoft Excel elaborada específicamente para calcular espesores utilizando las ecuaciones anteriores fue determinado un espesor requerido de 0.162 in., por lo tanto, la cédula 40 o designación estándar es apropiada para la especificación de la tubería a instalar, pues según se muestra en la Tabla 1 del estándar ASME B36.10M (*Dimensions and Weights of Welded and Seamless Wrought Steel Pipe*)<sup>5</sup> esta cédula representa al espesor de pared más pequeño que supera al mínimo requerido para el servicio.

Para el cálculo de espesor de pared se ha asumido un diámetro nominal de NPS 4 para toda la sección a instalar. Este diámetro es asumido tomando como referencia el tamaño de las conexiones sobre el tambor y sobre las secciones a las cuales se va a conectar la nueva línea en su otro extremo. Para el diseño hidráulico se verifica la validez de esta asunción al comprobar la aptitud de este diámetro.

### 3.3 Diseño Hidráulico

#### 3.3.1 Cálculo de caídas de presión y comprobación de diámetro.

El principal criterio para la selección del diámetro a usar en el diseño de una sección de tubería con frecuencia es la tolerancia a la caída de presión versus el costo del material (Nayyar, 2000). En la aplicación particular para la cual se ha diseñado la sección de tubería a instalar, las pérdidas de presión son especialmente importantes por tener un efecto directo sobre la carga neta de presión positiva resultante en el punto de succión de las bombas.

Para la selección definitiva del diámetro nominal de la tubería a instalar se ha tomado como referencia inicial el diámetro del tambor y las secciones adyacentes a la sección a instalar, de NPS 4 y con el objetivo de confirmar la aptitud de este diámetro para la tubería nueva se ha evaluado la caída de presión resultante usando para los cálculos el módulo de cálculo de

<sup>5</sup> Según se indica en el alcance de esta publicación, este documento cubre la estandarización de las dimensiones de tubería de acero forjado de fabricación con y sin soldadura.

caídas de presión del software de diseño PEGASYS, desarrollado por y propiedad de la empresa *ExxonMobil Research and Engineering Company* (EMRE), el cual está basado en las ecuaciones para el cálculo de caídas de presión en tuberías y accesorios presentadas por Perry (1999) y Crane Co. (1982), derivadas a su vez de la conocida Ecuación de Darcy.

El caudal de agua que normalmente fluye por la sección de tubería a reemplazar, y que representa la condición de diseño de esta variable para la nueva línea introducida utilizada en las ecuaciones del programa, puede obtenerse de la hoja de especificaciones de las bombas. Tanto para la bomba P-115 como para la bomba Ps-106 este caudal de diseño es de 80 gpm (18.17 m<sup>3</sup>/h) y ha sido confirmado con el personal de operaciones como el flujo aproximado durante la operación normal de ambas bombas.

Otras propiedades del fluido a las condiciones de diseño de la línea que son requeridas para el cálculo (viscosidad, densidad, etc.) han sido determinadas por simulación usando el programa PRO II Ver. 8.1 desarrollado por la compañía INVENSYS-SIMSCI (ver anexo 1H).

### **3.3.2 Consideraciones relativas a la velocidad lineal de flujo resultante.**

La velocidad lineal de flujo es con frecuencia un factor importante a considerar en el dimensionamiento de tuberías. Dependiendo del servicio, velocidades altas pueden causar erosión rápida y problemas de vibración; velocidades muy bajas, por el contrario, pueden resultar en depósitos de sólidos. A menudo, y para evitar estos inconvenientes, diversas fuentes recomiendan rangos definidos según el servicio (Nayyar, 2000). Con el objetivo de confirmar la aptitud del diámetro elegido para la tubería nueva se evalúa la velocidad lineal de flujo resultante:

$$Q = vA \quad (1.3)$$

Donde:

$v$  : velocidad lineal de flujo, ft/s.

$Q$  : caudal, ft<sup>3</sup>/s.

$A$  : área de flujo, ft<sup>2</sup>.

De la ecuación 1.3 puede deducirse la relación entre el caudal y el diámetro de la línea para encontrar la velocidad lineal:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (1.3 \text{ b})$$

La velocidad lineal de flujo resultante para el caudal estimado en una tubería con diámetro nominal de NPS 4 (ver dimensiones en Tabla 1 de ASME B36.10M) es de aproximadamente 2.23 ft/s (68 cm/s). Considerando que el servicio para el cual se diseña es propenso a la deposición de sólidos es deseable una velocidad relativamente alta, y considerando además que para líneas de succión de bombas de agua una velocidad entre 4 ft/s (121.9 cm/s) y 7 ft/s (213.4 cm/s) es recomendada (Crane Co., 1982) la velocidad resultante está por debajo de lo esperado. A pesar de lo anterior, un análisis más profundo revela que usar un diámetro



menor, significaría un aumento en la caída de presión por fricción resultante en la línea, lo cual tendría un impacto inaceptable sobre la carga neta de succión positiva disponible para las bombas. Esto será demostrado más adelante. Al considerar además, que la sección a instalar está diseñada para operarse de forma alterna a la sección original (ambas estarían disponibles según se requiera), la eventual tendencia al depósito de sólidos causada por la baja velocidad de flujo no representaría un problema significativo para la operación.

### 3.3.3 Comprobación de Carga Neta de Succión Positiva disponible para las bombas (NPSH<sub>A</sub>).

Cuando la presión ejercida sobre un líquido decrece por debajo de su presión de vapor a la temperatura del sistema, éste empezará a vaporizarse. Si la vaporización ocurre en el interior de una bomba en operación, las burbujas de vapor formadas en el seno del líquido son llevadas hasta un punto de máxima presión gracias a la energía añadida al fluido, donde colapsan súbitamente. Este efecto, conocido como cavitación, ocasiona con frecuencia graves daños a los componentes internos de la bomba y perjudica de un modo general la operación del equipo (Nayyar, 2000).

Para evitar la ocurrencia de la cavitación es necesario mantener en el punto de succión de cada bomba una carga neta de succión positiva (NPSH, por sus siglas en inglés, comunes en la literatura) teóricamente mayor o igual al cabezal neto total menos la presión de vapor en el fluido a las condiciones de flujo. Este valor, conocido como Carga Neta de Succión Positiva Requerida NPSH<sub>R</sub> es usualmente presentado en curvas publicadas por los fabricantes de cada bomba versus la carga y la velocidad, según el caso (Perry et al., 1997). Para este caso se ha utilizado el valor de NPSH<sub>R</sub> presentado en las hojas de especificación de las bombas.

En vista de lo anterior, en el diseño de la línea alterna de succión para las bombas P-115 y Ps-106 se hace necesario verificar que la Carga Neta de Succión Positiva disponible a la entrada de cada bomba a las condiciones de diseño NPSH<sub>A</sub> cumple con los requerimientos establecidos, para lo cual ha sido preparada una hoja de cálculo de Microsoft Excel con las siguientes ecuaciones y nomenclatura:

$$NPSH_A = h_p - h_{vpa} + h_{st} - h_{fs} - h_a \quad (1.4)$$

Donde:

- NPSH<sub>A</sub>** : carga neta de succión positiva disponible, ft.
- h<sub>p</sub>*** : cabezal de presión absoluta sobre la superficie del líquido, ft.
- h<sub>vpa</sub>*** : presión de vapor del líquido, ft.
- h<sub>st</sub>*** : altura estática. Diferencia entre el nivel del líquido en el recipiente del cual se succiona y el centro de la conexión de succión de las bombas. El nivel de líquido es el mínimo operable para el recipiente.
- h<sub>fs</sub>*** : pérdidas de presión en la línea de succión, incluyendo pérdidas en accesorios, ft.
- h<sub>a</sub>*** : cabezal por aceleración en bombas reciprocantes. En bombas centrífugas  $h_a = 0$ .

A pesar del fundamento teórico de la NPSH<sub>R</sub>, en la práctica el valor real requerido suele ser mayor al presentado por el fabricante (Perry et al., 1997). A causa de lo anterior es

recomendable establecer un factor de seguridad como garantía de una operación de la bomba libre de cavitación:

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{NPSH_A \text{ calculada}}{NPSH_A \text{ especificada}} \quad (1.5)$$

Los requerimientos específicos de la compañía establecen para diseños generales un factor de seguridad de 1.1 para garantizar la operabilidad de la bomba en todos los escenarios de flujo esperados.

La conversión de unidades de presión (psi) a unidades de cabezal o columna de líquido equivalente es utilizada en el cálculo y realizada mediante la siguiente relación (Karassik et al., 2001):

$$H = \frac{P \times 2.31}{G} \quad (1.6)$$

Donde:

- H** : cabezal o columna de líquido equivalente, ft.
- P** : presión, psi.
- G** : gravedad específica del fluido, adimensional.

Utilizando las ecuaciones anteriores se ha encontrado que la  $NPSH_A$  especificada para ambas bombas es lo suficientemente grande como para satisfacer los requerimientos anteriormente presentados. Los valores calculados, empero, muestran que la geometría y las condiciones de operación del sistema limitan al diseño a una tubería de NPS 4 o mayor, pues de otra forma el término  $h_{fs}$  de la Ecuación 1.4 se incrementaría de tal forma que el valor de  $NPSH_A$  calculada con el factor de seguridad incluido caería por debajo de la  $NPSH_R$ .

### 3.4 Resumen de Materiales y Costos

El consolidado de materiales y estimación de costos (Anexo 1N) han sido realizados basándose en el diseño propuesto para la tubería. Las descripciones comerciales presentadas específicamente para cada material han sido desarrolladas a partir de descripciones genéricas que detallan cada una de las especificaciones discutidas con anterioridad, más otras específicas de acuerdo a los requerimientos de la compañía para algunos elementos (electrodos de soldadura, empaquetaduras para conexiones bridadas, pernos, tuercas, acabados, etc.). Los precios de elemento de la lista, en cambio, son estimados en su mayoría a partir de compras previas de la misma naturaleza realizadas en la empresa.

## 4. Comentarios y Consideraciones Finales.

A continuación se presentan algunas consideraciones relacionadas a la fase de implementación y operación del diseño descrito en este documento.

### 4.1 Consideraciones de Seguridad e Impacto Ambiental

El mecanismo de control de cambios vigente en la Refinería Managua requiere de una evaluación de impacto ambiental junto a un análisis de la implementación dirigido a garantizar la seguridad del personal involucrado. Ambas evaluaciones se resumen en los siguientes puntos:

- La única afectación sobre el ambiente que se producirá como consecuencia de este trabajo es la disposición de los desechos resultantes de la ejecución, la cual se efectuará según las políticas de manejo de desechos de la compañía (que cumplen con los requerimientos legales). Así mismo, todas las actividades inherentes a este trabajo que representen un riesgo para la seguridad del personal involucrado en su ejecución serán mitigados según las políticas de seguridad laboral de la empresa. Se considera por lo tanto que no existe ningún impacto negativo permanente sobre el medio ambiente ni sobre la seguridad o salud del personal de campo involucrado como resultado de la ejecución de la propuesta presentada en este trabajo.
- El personal de planta involucrado en la fase de implementación estará expuesto a riesgos controlados como resultado de las actividades necesarias para la instalación de todos los elementos descritos en este trabajo. Estos riesgos pueden y deben mitigarse siguiendo los procedimientos y el equipo de protección personal requeridos y aprobados por las normas locales y universales que apliquen.

#### **4.2 Recomendaciones Sobre la Operabilidad de la Nueva Línea**

El diseño descrito en este documento garantiza la operación confiable y segura de los elementos a instalar y los equipos adyacentes. Las recomendaciones adicionales presentadas a continuación apuntan entre otras cosas a maximizar la vida útil de la línea y las bombas mismas:

- El deaireador D-112 no debería operarse a una presión inferior a 146 psig (1 MPa) mientras se tenga en servicio la línea de succión alterna. Operar a una presión inferior reducirá el término correspondiente ( $h_p$ ) y eventualmente la NPSH<sub>A</sub> por debajo de los valores mínimos. Se recomienda para este fin instalar un transmisor de presión sobre el tambor.
- Es recomendable preparar un duplicado del original de la sección de tubería que ha sido parcialmente reutilizada para este diseño (ver sección 3.1); de esta forma el tiempo requerido para cambiar de una línea de succión a la otra sería minimizado.

### **5. Conclusión**

- Se ha diseñado una línea de succión alterna para las bombas P-115 y Ps-106 del sistema de vapor y agua de utilidades de la Refinería Managua, utilizando como bases de diseño las recomendaciones y requerimientos recogidos en diversos estándares de la industria, literatura especializada y las guías de ingeniería internas de la compañía. Esta línea será útil para mantener la operación continua del sistema, funcionando

como línea de succión de las bombas en caso de que la línea principal sufriese de excesivo depósito de sólidos.

## 6. Referencias

### Literatura Especializada y Publicaciones Técnicas

1. Crane Co., Technical Paper No. 410, *Flow of Fluids through Valves, Fittings and Pipe*, 1982.
2. Fahim A. M., Al-Sahhaf A. T., *Fundamentals of Petroleum Refining*; Elsevier, 2010, ISBN 978-0-444-52785-1.
3. Karassik, I. J., Messina, J. P. et al., *Pump Handbook*, Tercera Edición; McGraw Hill, 2001, ISBN 0-07-034032-3.
4. Nayyar, Mohinder L., *Piping Handbook*, Séptima Edición; McGraw-Hill, 2000. ISBN 0-07-047106-1.
5. Nesbitt, B., *Handbook of Valves and Actuators – Valves Manual International*, Elsevier Science and Technology Books, 2007, ISBN 1856174948
6. Perry, R. H., y Don W. Green, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, Séptima Edición, Secciones 5 (*Fluid and Particle Dynamics*) y 10 (*Transport and Storage of Fluids*); McGraw-Hill, 1997, ISBN 0-07-049841-5.
7. Smith, Peter, *Piping Materials Selection and Application*; Elsevier, 2005, ISBN: 0-7506-7743-0.

### Estándares de la Industria<sup>6</sup>

8. American Society of Mechanical Engineers (ASME):
  - a. ASME B16.5-2003 *Pipe Flanges and Flanged Fittings*.
  - b. ASME B16.9-2003 *Factory-Made Wrought Steel Buttwelding Fittings*.
  - c. ASME B31.3 *Process Piping*.
  - d. ASME B36.10M *Dimensions and Weights of Welded and Seamless Wrought Steel Pipe*.
9. American Society for Testing and Materials (ASTM):
  - a. ASTM A106 *Seamless Carbon Steel Pipe*.

---

<sup>6</sup> Solo se listan aquellos hacia los cuales se hace referencia directa en el texto del documento. Otras publicaciones han sido utilizadas como referencia para la especificación de materiales.

10. American Petroleum Institute (API):

- a. API 600 *Steel Gate Valves*.

**Prácticas y Estándares Internos de Ingeniería<sup>7</sup>**

11. ExxonMobil *Technical Manual 098 (Design Practices)*:

- a. DP X *Pumps*, Sección D (*NPSH*).
- b. DP XIV *Fluid Flow*, Secciones A (*General Considerations*) y B (*Single-Phase Liquid Flow*).

12. ExxonMobil *Global Practices*:

- a. GP 03-03-02 *Suction and Discharge Piping for Centrifugal Pumps*.

13. ExxonMobil *Drawing Details*:

- a. DD 04-03-01 *Pipe Supports*.

---

<sup>7</sup> Las políticas internas de la compañía no permiten hacer referencia textual a los estándares de Ingeniería propiedad de la misma en el contenido de este informe, sin embargo, sí se enlistan acá los títulos de los documentos que fueron utilizados como fuente de información.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)

# Reporte Técnico N°2

*Revisión de hidráulica en la línea de Diesel a tanques para proyecto de expansión del sistema en la Refinería Managua (ESSO Estándar Oil Ltda. de Nicaragua).*

## 1. Objetivos de la Actividad.

- Identificar el impacto sobre la hidráulica de la sección del sistema de Diesel dirigida hacia el área de tanques de la Refinería Managua a raíz de las modificaciones contempladas en el actual proyecto de expansión de este sistema.
- Evaluar la aptitud de la actual válvula de control de flujo de Diesel hacia tanques para las nuevas condiciones hidráulicas.
- Verificar la capacidad de las actuales bombas de Diesel hacia tanques para brindar al flujo requerido un cabezal de presión suficiente para mantener una operación satisfactoria en las nuevas condiciones hidráulicas.

## 2. Descripción del Área de Trabajo.

El color de los combustibles de destilación media, a los cuales pertenece el combustible para motores Diesel o *gasóleo*, es uno de los parámetros de calidad comúnmente controlados en los productos de petróleo (Nadkarni, 2007). En general y por la practicidad de su medición, el color es una característica importante para determinar el grado de refinación de las sustancias. Variaciones fuera del rango establecido como aceptable significan comúnmente contaminación con otras sustancias<sup>8</sup>.

En la actualidad, en el Diesel de la Refinería Managua el principal agente de turbidez que contribuye a que la corriente de producto final presente un color fuera del rango aceptable es el agua presente en la misma.

El agua en los combustibles de refinería proviene de las torres de fraccionamiento, donde se inyecta vapor de agua como medio de despoje para mejorar la efectividad de la operación de separación de fracciones ligeras como el sulfuro de hidrógeno (en el caso del Diesel, el sulfuro de hidrógeno es esencialmente el resultado principal del proceso de hidrotratamiento cuyo objetivo es el de reducir el contenido de azufre en la corriente de combustible extraída de la torre de destilación atmosférica) (Fahim et al., 2010). Una parte de esta agua es separada por gravedad en los acumuladores de tope de las torres, mientras que otra parte es separada de su disolución en los cortes de hidrocarburos al enfriarse estos en su paso por diversos intercambiadores. Finalmente, el agua remanente es removida en varios tambores que funcionan a modo de filtro mediante lechos de arena o sal. En el caso del Diesel, el filtro recibe el gas D-44 y contiene tanto arena como sal.

Actualmente, la calidad del Diesel producido en la Refinería Managua con frecuencia es afectada negativamente en cuanto al contenido de agua a raíz de diversos cambios en las condiciones de operación de la planta, superando la capacidad del filtro D-44 para disminuir la cantidad de agua libre y disuelta en la corriente hasta un valor aceptable antes de dirigirse a los tanques de almacenamiento.

---

<sup>8</sup> Importante referencia al respecto es la introducción y discusión del método de prueba y escala de colores presentados en ASTM D1500 (*Standard Test Method for ASTM Color of Petroleum Products – ASTM Color Scale*).

Con el propósito de superar la problemática expuesta, está en marcha en el sitio la preparación de un proyecto dirigido a superar las condiciones actuales de operación añadiendo básicamente tres elementos nuevos al sistema de Diesel: un intercambiador de calor tipo placas que enfriará con agua aún más la corriente de producto hacia los tanques de almacenamiento con el fin de propiciar una mejor separación del agua, un nuevo prefiltro diseñado para reducir el contenido de agua libre en la corriente, y finalmente, un segundo tambor separador que ha sido diseñado para operar con un sistema de cartuchos patentados que propician el fenómeno de coalescencia mediante el cual las partículas de agua se agrupan (*coalescen*) para facilitar su posterior remoción en el filtro D-44.

Los nuevos equipos y líneas relacionadas a ellos implican nuevas caídas de presión que las bombas que impulsan el Diesel desde la torre estabilizadora de Diesel hasta los tanques de almacenamiento, pasando por varios intercambiadores y por el sistema de remoción de agua, deben ser capaces de vencer. Estas bombas reciben los tag P-146 A y P-146 B, y funcionan una de modo alternativo respecto a la otra en caso de falla o mantenimiento.

Una verificación completa de la hidráulica del sistema resulta especialmente importante si se considera que el diseño de los nuevos equipos se hizo a un flujo considerablemente mayor al actual [5,500 B/D ( $874.4 \text{ m}^3/\text{d}$ ) de diseño para las nuevas condiciones, lo que representa un aumento de aproximadamente el 30% respecto al flujo actual]. De igual forma, la principal restricción a la descarga de las bombas es una válvula de control que se utiliza para regular el flujo que éstas envían a tanques, que recibe el tag FV-725 y cuya operación representa caídas de presión importantes, por lo que también se hace necesario verificar la capacidad de esta válvula para regular apropiadamente el flujo sin representar un punto de pérdidas de presión por encima de lo permisible para las nuevas condiciones.

El presente documento describe la verificación de la hidráulica para la sección de flujo desde la torre estabilizadora hasta los tanques de almacenamiento que permite valorar la utilidad de las bombas actuales a las nuevas condiciones y la aptitud de la válvula de control actual para regular satisfactoriamente el flujo a través del sistema.

### **3. Desarrollo.**

#### **3.1 Consideraciones Generales Sobre la Hidráulica del Sistema.**

La sección del sistema de Diesel donde se realiza la revisión hidráulica comprende: la torre estabilizadora de Diesel hidrotratado (T-705), la bomba (P-146A, o alternativamente la bomba P-146B) que succiona desde el fondo de esta torre hacia los tanques de almacenamiento (P-146's), la válvula de control y la placa de orificio que constituyen los elementos en campo del lazo de control de flujo (FIC-725); cuatro intercambiadores enfriadores (E-6, E-39, E-31 y E-12), el nuevo intercambiador de placas, los dos nuevos recipientes de remoción de agua, el filtro de sal y arena (D-44) y tres tanques de almacenamiento del producto final (TK-11, TK-12, TK-14). Estos equipos representan junto a los tramos de tuberías y accesorios anexos el total de las fuentes de energía y restricciones al flujo de esta sección del sistema (ver diagrama 2A).

Las condiciones de flujo contempladas en el proyecto de expansión son representativas del sistema de Diesel en la sección aguas abajo de la torre estabilizadora. Las propiedades físicas



del fluido utilizadas para todos los cálculos en este trabajo son las mismas que fueran utilizadas como base de diseño para el proyecto y se describen en la hoja de cálculo adjunta con número 2D [se estima una temperatura máxima en el sistema de 200 °F (93.3 °C)]. De igual forma, el nuevo flujo de diseño de 5,500 B/D, equivalente a 160.4 gpm (874.4 m<sup>3</sup>/d), se utiliza como consideración inicial en todos los cálculos.

En las condiciones actuales y futuras, varias de las consideraciones más importantes en cuanto a la presión del flujo en el sistema están relacionadas al filtro de sal y arena. Usualmente la caída de presión a través de este equipo es monitoreada periódicamente por el personal de Operaciones de la planta por tratarse de una limitante importante para que el flujo bombeado por la bomba P-146 sea capaz de vencer la contrapresión del sistema en su recorrido hacia los tanques de almacenamiento. Con el objetivo de garantizar una presión en la línea mayor a la contrapresión generada por el nivel de líquido en los tanques de almacenamiento, el personal de Operaciones frecuentemente se ve obligado a estrangular el flujo a través del sistema cerrando parcialmente una de las válvulas de bloqueo que se encuentran aguas abajo; esto empuja la operación de las bombas hacia la izquierda de sus curvas características, que es la zona en la cual ésta añaden al fluido un mayor cabezal de presión, y permite controlar una presión de 18 psig (124.1 kPa) a la salida del filtro D-44.

La equivalencia entre unidades de presión (psi) y columna de líquido utilizada para los cálculos es la siguiente:

$$H = \frac{P \times 2.31}{G} \quad (2.1)$$

Donde:

- H** : cabezal o columna de líquido equivalente, ft.  
**P** : presión, psi.  
**G** : gravedad específica del fluido, adimensional.

### 3.1.1 Consideraciones relativas a las bombas.

Las P-146 A y P-146 B son dos bombas centrífugas de capacidad de diseño próximas la una a la otra y que funcionan de forma alternativa en el servicio de Diesel hacia tanques.

Estas bombas fueron adquiridas por la compañía con un impulsor de 7.4 in (18.79 cm) de diámetro, teniendo la carcasa de las mismas la capacidad de aumentar el diámetro del mismo hasta un máximo de 8 in (20.32 cm). En las bombas centrífugas, a velocidad de rotación constante el cabezal desarrollado aumenta de forma cuadrática con una ampliación del diámetro del impulsor. Esta particularidad es descrita por la siguiente ley de afinidad (Perry, 1999):

$$H_2 = H_1 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^2 \quad (2.2)$$

Donde:

- H<sub>2</sub>** : cabezal brindado por la bomba con un impulsor de diámetro D<sub>2</sub>, psid.

- $H_1$  : cabezal brindado por la bomba con un impulsor de diámetro  $D_1$ , psid.  
 $D_1$  : diámetro de impulsor menor, in.  
 $D_2$  : diámetro de impulsor mayor, in.

Partiendo de este hecho se evaluará la necesidad de reemplazar el impulsor actual por otro con el máximo diámetro para superar las nuevas caídas de presión en el sistema a las nuevas condiciones.

Especial importancia en el resultado final del análisis tiene la utilización de las curvas características de las bombas. Para esta evaluación se ha identificado el escenario de operación más restrictivo en base a estas curvas proveídas por el fabricante. En este contexto, se utiliza para todos los cálculos la curva de operación de la bomba P-146 A por presentar el menor cabezal desarrollado en su punto máximo comparada con la bomba P-146 B.

### 3.1.2 Consideraciones relativas a la válvula de control.

El elemento final del lazo de control de flujo de Diesel hacia los tanques de almacenamiento es la válvula de control FV-725. Esta válvula es fabricada por la compañía Dresser-Masoneilan, modelo Camflex II (tipo tapón rotatorio) con tamaño de cuerpo NPS 3 y un coeficiente de flujo  $C_v$  de 81 (Ver anexo 2C).

Las válvulas de control obtienen su capacidad para regular el flujo que pasa a través de ellas al generar una caída de presión determinada según se requiera para mantener la variable manipulada en el valor introducido por el operador desde la consola de control (Corripio y Smith, 1991). Esta caída de presión es proporcional a la posición del tapón (o disco, en válvulas rotatorias) con respecto al asiento de la válvula. Es entonces esta reducción o ampliación del área de flujo conseguida con el movimiento del tapón respecto al orificio o asiento lo que determina la llamada apertura de la válvula.

La relación entre la caída de presión que se produce en una válvula de control y el caudal que al mismo tiempo pasa a través de ella es determinante para establecer la capacidad de la válvula y su aptitud para ser utilizada en un sistema hidráulico específico. Esta relación es comúnmente expresada mediante un número adimensional llamado *coeficiente de válvula*, o simplemente  $C_v$ , y es calculado en su forma más básica mediante la siguiente ecuación (Baumann, 2009):

$$C_v = Q \sqrt{\frac{S_g}{\Delta P}} \quad (2.3)^9$$

Donde:

- $C_v$  : coeficiente de válvula, adimensional.  
 $Q$  : caudal a través de la válvula, gpm.  
 $S_g$  : gravedad específica del fluido, adimensional.  
 $\Delta P$  : caída de presión a través de la válvula, psid.

<sup>9</sup> Esta ecuación base se utilizará como referencia para los cálculos. Otras derivaciones de esta ecuación son utilizadas para escenarios específicos de diseño por los diversos fabricantes de válvulas de control (Corripio y Smith, 1991).

En la actualidad, durante el diseño de una válvula de control es práctica común el dimensionarla utilizando como criterio de selección las opciones de  $C_v$  ofertadas por los fabricantes. Usualmente esta selección debe tomar en cuenta un cierto factor de sobredimensionamiento que brinde espacio a expansiones futuras y condiciones de flujo superiores a las esperadas por diseño (Corripio y Smith, 1991). Este sobredimensionamiento es requerido por los estándares de ingeniería de la compañía de forma tal que a condiciones de diseño la apertura de las válvulas de control no sea mayor de un 80%. Igualmente, el aumento en la velocidad de flujo y el eventual desgaste acelerado de las partes internas de las válvulas, sumados al decremento en la capacidad de la mayoría de modelos de mantener un control estable a aperturas muy pequeñas, hacen indeseable una operación en valores de apertura muy bajos (Fisher Controls International Inc., 2001).

En vista de las consideraciones anteriores, uno de los puntos más importantes a cubrir en la verificación de la hidráulica de la línea de Diesel hacia tanques es la comprobación de la apertura resultante en la válvula de control a las nuevas condiciones de flujo. El resultado de esta comprobación es altamente dependiente de la caída de presión disponible para generarse en la válvula de control y por lo tanto de las pérdidas de presión totales en el sistema.

Una apertura excesiva de la válvula de control FV-725 en las nuevas condiciones podría significar una limitante en la operabilidad del proceso y justificaría un rediseño y posterior reemplazo de la válvula actual.

### **3.1.3 Consideraciones relativas a la seguridad en el diseño.**

El aumento en el caudal de diseño en el sistema significará mayores pérdidas por fricción que deben vencerse para garantizar un flujo apropiado. Esto podría requerir un aumento en la presión de descarga de las bombas P-146 A y P-146 B, el cual de realizarse de forma desmesurada podría tener un impacto negativo sobre los equipos situados aguas abajo de éstas.

Varios de los intercambiadores de calor que se utilizan para enfriar el fluido en su camino hacia los tanques de almacenamiento fueron diseñados para soportar una presión relativamente baja. De igual forma, la carcasa misma de las bombas podría no soportar el aumento en las presiones que se requeriría para el sistema a las nuevas condiciones de diseño. La aptitud de las conexiones de este elemento frente a una determinada presión es determinada por el rating de presión de las bridas, definido por la clasificación ASME Clase 150 (ver ASME B16.5-2003).

Con tal de confirmar la aptitud de cualquier alternativa presentada para garantizar una operación apropiada del sistema en las nuevas condiciones, se incluye como parte de la revisión de hidráulica todas las consideraciones de seguridad relativas a los posibles daños sobre los equipos y el personal en un escenario de sobrepresión.

### **3.2 Bases Para el Cálculo y Estimación de Caídas de Presión.**

El aumento en las pérdidas de presión en el sistema es el principal efecto negativo que la expansión contemplada tiene sobre las bombas, la válvula de control y en general, la

hidráulica del sistema. Estas pérdidas de presión a las nuevas condiciones de flujo en las diferentes secciones de tubería de la línea han sido calculadas usando diferentes referencias según la disponibilidad de datos (esencialmente, lecturas de presión con manómetros locales entre puntos estratégicos como la entrada y la salida de bancos de intercambiadores u otros equipos).

Para las secciones de tubería de las cuales se conoce con precisión su geometría (diámetros y longitud), el cálculo de pérdidas de presión ha sido realizado utilizando las ecuaciones para el cálculo de caídas de presión en tuberías y accesorios presentadas por Perry (1999) y Crane Co. (1982), que a su vez son derivadas de las conocidas ecuaciones de Bernoulli y Darcy.

Para regímenes de flujo turbulento (Número de Reynolds por encima de 2000) y fluidos no muy distintos al agua, se sabe que una buena aproximación del comportamiento de las pérdidas de presión versus el caudal para un mismo diámetro de tubería viene dada por la siguiente ecuación (Nayyar, 2000):

$$\frac{h_1}{h_2} = \left( \frac{Q_1}{Q_2} \right)^{1.85} \quad (2.4)$$

Donde:

- $h_1$  : pérdidas por fricción al caudal 1, psig.
- $h_2$  : pérdidas por fricción al caudal 2, psig.
- $Q_1$  : caudal 1, B/D.
- $Q_2$  : caudal 2, B/D.

Para aquellas secciones de tubería de las cuales no se conoce con precisión su geometría, así como para los equipos fijos existentes en la línea cuyo diseño no contempla una caída de presión máxima permisible (tal es el caso del filtro de arena y sal, D-44) el cálculo de pérdidas de presión ha sido inferido tomando como referencia las pérdidas a las condiciones actuales (calculadas a su vez en base a los manómetros de entrada y salida de los equipos) y la Ecuación 2.2.

### 3.3. Descripción del Proceso de Cálculo y Fuentes de Información.

El balance de presiones del sistema a las nuevas condiciones se ha realizado dividiendo las líneas de éste en dos secciones principales: una sección de succión que comprende a la torre T-705 y la tubería que va desde el fondo de ésta hasta las bombas P-146 A y P-146 B, y otra sección de descarga que va desde las bombas hasta los tanques de almacenamiento, cubriendo los intercambiadores de enfriamiento, los nuevos equipos y el filtro de sal y arena.

A continuación se describen las consideraciones específicas tomadas para la mayoría de los valores y estimaciones incluidas en los cálculos:

#### 3.3.1 Línea de Descarga

- **Presión de Salida del filtro D-44:** el valor utilizado es el requerido para vencer la contrapresión estática correspondiente a la máxima altura operativa en los tanques de

almacenamiento sumándole 1 psig (6.89 kPa) adicional correspondiente a las pérdidas por fricción estimadas en la línea entre el filtro D-44 y los tanques.

- **Caída de presión en el filtro D-44, los enfriadores E-6/E-29/E-31/E-12 y las líneas de succión:** estimadas para el nuevo flujo en base a la pérdida de presión actual, la cual se promedia a su vez en base a las lecturas en los manómetros instalados a la entrada y la salida de estos elementos durante las últimas dos semanas del mes de agosto de 2010.
- **Pérdidas de presión en el nuevo tambor coalescente, nuevo intercambiador de placas (PHE) y nuevo prefiltro:** se utilizan las máximas caídas de presión recomendadas por los fabricantes en las hojas de diseño para una operación satisfactoria.
- **Pérdidas en platillo de orificio FE-725:** se usa para el cálculo el máximo valor en la escala de caída de presión correspondiente al valor máximo en la escala de flujo del transmisor de flujo.

### 3.3.2 Línea de Succión.

- **Presión de fondo de la torre T-705:** estimada en base a la mínima presión operativa de la torre y la presión correspondiente a la columna de líquido equivalente al mínimo nivel operativo de la torre. El considerar las presiones mínimas representará el caso más restrictivo posible.
- **Pérdidas en líneas de succión:** se estiman en base a las lecturas de los manómetros ubicados en el fondo de la torre T-705 y la succión de las bombas P-146 en la última semana de agosto de 2010

### 3.3.3 Bombas.

- **Presión de descarga:** se calcula la presión de descarga de las bombas P-146 tanto a las condiciones esperadas de flujo como a las condiciones de máximo  $\Delta P$ , usando para ambas el caso más restrictivo de mínima presión de succión.

### 3.3.4 Válvula de Control FV-725.

- **$\Delta P$  disponible:** se calcula la caída de presión disponible en la válvula de control a condiciones de descarga normal y máxima descarga de las bombas P-146. El valor de la caída de presión calculada es utilizado como referencia para estimar la apertura de la válvula.

### 3.3.5 Punto de Igualdad.

- **Flujo equivalente:** se calcula el flujo al cual el  $\Delta P$  generado en las bombas es el suficiente como para igualar con la mínima succión la presión requerida para vencer las pérdidas estimadas a lo largo de la línea de descarga hasta los tanques de almacenamiento.

La Tabla 2.1 resume los valores arrojados por el balance de presiones y el método de obtención de los datos puntuales utilizados. El detalle completo de los cálculos puede verse en la hoja de cálculo del anexo 2D.

## 4. Comentarios y Consideraciones Finales

### 4.1 Discusión de resultados.

El balance de presión realizado indica que las bombas actuales no son apropiadas para cumplir con el requerimiento de flujo contemplado en el diseño del proyecto de expansión del sistema de Diesel. Con el impulsor actual las bombas P-146 no son capaces de generar suficiente cabezal de presión como para obtener una presión de descarga tal que permita vencer las pérdidas y contrapresión del sistema a las nuevas condiciones, y que al mismo tiempo permita un “ $\Delta P$  libre” suficiente para ser absorbido por la válvula de control FV-725 de forma que su apertura no exceda el 80%.

A pesar de lo anterior, la revisión a los aspectos de seguridad indican que un aumento en el impulsor de las bombas P-146 implicaría un incremento en la presión de descarga de éstas que fácilmente superaría el valor límite que el rating de presión de las facilidades aguas abajo (inclusive y en especial la carcasa de las bombas mismas) es capaz de soportar en el escenario de temperatura máxima considerada, incluso a presiones de descarga obtenidas para el flujo normal de diseño y la presión de succión normal del sistema. De mantenerse los impulsores actuales, en cambio, este mismo escenario de sobrepresión solamente sería real en caso de una contingencia de sobrellenado y sobrepresión de la torre T-705 hasta su máxima capacidad y el eventual aumento en la presión de succión de las bombas acompañado por una operación de éstas en el punto de cero flujo en su curva característica (esta condición es conocida como *Shut-in pressure*).

Habiéndose calculado el  $\Delta P$  disponible para la válvula de control en el peor escenario hidráulico y con las bombas conservando su impulsor actual, el resultado indica que teóricamente ésta se vería obligada a abrirse por completo pues no existiría caída de presión alguna que pudiera ser absorbida por ella y que le permitiese cerrar en algún porcentaje. De hecho, el flujo se vería estrangulado en la medida en que el orificio del puerto de la válvula lo restringiese a pesar de que ésta se encuentre en la posición de máxima apertura.

El cálculo del punto de equivalencia (esto es, el punto en el cual el flujo ha sido disminuido hasta permitirle a la bomba generar una presión de descarga suficiente para el sistema, incluyendo el requerimiento de apertura de la válvula de control, en el peor escenario hidráulico) señala que la caída de presión libre que se requiere para obtener una apertura máxima del 80% en la válvula de control FV-125 solamente puede ser obtenida si el flujo se estrangulase hasta aproximadamente 125 gpm [unos 4,285 B/D (681.26 m<sup>3</sup>/d)]. En otras palabras, a este flujo la operación de la bomba P-146 A estaría en el punto de su curva justamente apropiado para vencer la contrapresión y pérdidas del sistema y al mismo tiempo evitar que la válvula tuviese que abrir más allá del 80% de su recorrido.

Considerando que el escenario evaluado hace referencia a la peor ocurrencia desde el punto de vista hidráulico y no a las condiciones normales de operación esperadas, el sistema en su condición actual se considera apto para la operación bajo la aprobación de la Coordinación

de Logística de la empresa y la reevaluación del plan de producción de la compañía a largo plazo.

**Tabla 2.1 Resumen de Resultados de Balance de Presión.**

<u><b>Línea de Descarga</b></u>			
<u><b>Valor Puntual</b></u>			<u><b>Comentarios</b></u>
1	Salida del D-44, psig	18	Presión a regular estrangulando el flujo a tanques.
2	ΔP D-44, psid	22,1	Estimado para 5500 B/D en base a lectura de manómetros.
3	ΔP New Coalescer, psig	15	Máximo recomendado por fabricante.
4	ΔP New Prefilter, psig	1	Máximo permisible especificado por el fabricante.
5	ΔP Alfa Laval PHE, psig	8,7	Máximo recomendado por fabricante.
6	ΔP E-6/E-29/E-31/E-12, psig	55	Calculadas a 5500 B/D en base a lectura de manómetros.
7	Pérdidas en líneas	37	Calculadas a 5500 B/D mediante simulación por computadora.
8	ΔP orificio @ max flow, psi	2,7	Máximo valor de la escala en instrumento de flujo.
9	<b>Total requerido descarga, psi</b>	<b>159,5</b>	
<u><b>Línea de Succión</b></u>			
<u><b>Valor Puntual</b></u>			<u><b>Comentarios</b></u>
10	Presión mínima de la torre, psig	85	Mínima presión en condiciones normales de operación.
11	Presión de fondo mínima, psig	89,25	Mínima presión de operación + mínima carga por columna de líquido
12	Pérdidas en succión @ 5500 B/D	32,94	Calculadas a 5500 B/D en base a lectura de manómetros.
13	<b>Presión mín. de succión, psig</b>	<b>56,31</b>	Calculada para la torre en el nivel mínimo y estimación de pérdidas.
<u><b>Bomba (Con el impeller actual)</b></u>			
<u><b>Valor Puntual</b></u>			<u><b>Comentarios</b></u>
14	ΔP P-146 A @ 160.4 gpm, psig	100,52	Tomada de la curva más restrictiva (equivalente a 270 ft de columna de líquido)
15	<b>Descarga de P-146, psig</b>	<b>156,83</b>	ΔP @ 160.4 gpm + Succión mínima
16	ΔP máxima P-146 A, psig	110,94	ΔP en el punto más alto de su curva (equivale a 298 ft)
17	<b>Descarga max de P-146, psig</b>	<b>167,25</b>	ΔP en el punto más alto de su curva + Succión mínima
<u><b>Válvula de Control</b></u>			
<u><b>Valor Puntual</b></u>			<u><b>Comentarios</b></u>
18	ΔP FICV-725, psig	-2,67	ΔP disponible para la válvula a las nuevas condiciones (INSUFICIENTE)
19	ΔP FICV-725, psig	7,75	Utilizando máxima descarga en P-146 (Equivale a una apertura de aprox.70 %)
20	(con máximo ΔP en la bomba)		
<u><b>Punto de Igualdad</b></u>			
<u><b>Valor Puntual</b></u>			<u><b>Comentarios</b></u>
21	ΔP P-146 A Requerido, psig	107,97	Total requerido en la descarga menos presión mínima de succión
22	ΔP P-146 A Requerido, ft	290,2	Equivalente en ft para el ΔP requerido en las bombas
23	Flujo equivalente, gpm	125	Flujo al cual se cumple ΔP ≈ ΔP requerido, tomado de la curva.

## **4.2 Recomendaciones finales.**

A continuación se presentan algunas recomendaciones a partir de los resultados obtenidos tras la evaluación de la hidráulica del sistema.

### **4.2.1 Recomendaciones relativas a la operación del sistema**

Para garantizar la operación satisfactoria del sistema será conveniente mantener como mínimo las siguientes condiciones:

- La presión de salida del filtro de sal y arena D-44 deberá mantenerse como mínimo en 18 psig (124.1 kPa) estrangulando la válvula de bloqueo a la salida de este equipo. De esta forma se podrá evitar que la contrapresión resultante del cabezal generado por la columna líquida en los tanques de almacenamiento empuje a las bombas hacia una operación donde el flujo brindado sea insuficiente para mantener los requerimientos de diseño (hacia la izquierda de su curva).
- En vista de que la caída de presión estimada para los intercambiadores de calor de enfriamiento representa la mayor restricción hidráulica en el sistema, debe considerarse el establecimiento de facilidades para el monitoreo del  $\Delta P$  entre la entrada y la salida de estos equipos. De esta forma se identificará fácilmente el momento más apropiado para la limpieza y se evitará estrangulamiento en el flujo.

### **4.2.2. Recomendaciones relativas a la seguridad**

En vista de la posibilidad de ocurrencia de un evento que comprometa la integridad de los elementos del sistema hidráulico y del personal mismo por sobrepresión, las siguientes medidas de precaución son recomendables:

- Debe evitarse de forma particularmente especial operar la torre T-705 a altas presiones; se sugiere evaluar el reducir el setting de disparo de la válvula de alivio de presión (*pressure safety valve* o PSV, por sus siglas en inglés) que la protege en caso de sobrepresión por encima de su capacidad de diseño. De igual forma, debería verificarse el setting de la alarma de alto nivel de operación en esta torre con tal de minimizar la posibilidad de presiones de succión excesivamente altas y por lo tanto presiones de descarga que superen el rating de presión de los elementos aguas abajo de las bombas.
- Con tal de minimizar la posibilidad de un escenario de sobrepresión en el sistema, no se recomienda aumentar el diámetro del impulsor de las bombas P-146 A/B.

## **5. Conclusiones**

- El balance de presión realizado demuestra que la bomba P-146 A no sería capaz de vencer las pérdidas de presión estimadas en los equipos existentes y nuevos bajo el peor escenario hidráulico y a las condiciones de flujo contempladas en el diseño del proyecto. El máximo flujo que estas bombas serían capaces de dar trabajando a su máximo cabezal sería ligeramente superior a 125 gpm, equivalentes a 4,285 B/D



(681.26 m<sup>3</sup>/d), lo que se considera aceptable para la operación actual bajo la aprobación de la Coordinación de Logística del sitio.

- Bajo la condición anterior, la válvula de control FV-725 contaría con una caída de presión suficientemente grande como para operar con una apertura no mayor al 80 %, lo que se considera aceptable y elimina la necesidad de reemplazar la válvula actual.
- Aumentar el diámetro del impulsor en las bombas P-146 A y P-146 B hasta el máximo posible garantizaría una operación en las condiciones de diseño requeridas por el proyecto de expansión pero comprometería la seguridad de los equipos aguas abajo de ellas por la posibilidad de ocurrir un escenario de sobrepresión. Por esta razón se considera recomendable no realizar cambios en el impulsor de estas bombas.

## 6. Referencias

### Literatura Especializada y Publicaciones Técnicas

1. Baumman H.D, *Control Valve Primer*, Cuarta Edición, Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA), 2009, ISBN 978-1-934394-50-2.
2. Corripio B.A. y Smith C.A., *Control Automático de Procesos*, Editorial Limusa, 1991, ISBN 968-18-3791-6.
3. Crane Co., Technical Paper No. 410, *Flow of Fluids through Valves, Fittings and Pipe*, 1982.
4. Fahim A. M., Al-Sahhaf A. T. et al., *Fundamentals of Petroleum Refining*; Elsevier, 2010, ISBN 978-0-444-52785-1.
5. Fisher Controls International Inc., *Control Valve Handbook*, Tercera Edición, 2001.
6. Nayyar L.Mohinder, *Piping Handbook*, Séptima Edición; McGraw-Hill, 2000. ISBN 0-07-047106-1.
7. Nadkarni, R.A., *Guide to ASTM Test Methods for the Analysis of Petroleum Products, and Lubricant*, Segunda Edición; ASTM International, 2007, ISBN 978-0-8031-4274-9.
8. Perry, R. H., y Don W. Green, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, Séptima Edición, Secciones 5 (*Fluid and Particle Dynamics*) y 10 (*Transport and Storage of Fluids*); McGraw-Hill, 1997, ISBN 0-07-049841-5.

### Estándares de la Industria<sup>10</sup>

9. American Society of Mechanical Engineers (ASME):
  - a. ASME B16.5-2003 *Pipe Flanges and Flanged Fittings*.
10. American Society for Testing and Materials (ASTM):

---

<sup>10</sup> Solo se listan aquellos hacia los cuales se hace referencia directa en el texto del documento. Otras publicaciones han sido utilizadas como referencia para la especificación de materiales.

- a. ASTM D 1500 *Standard Test Method for ASTM Color of Petroleum Products – ASTM Color Scale*.

### **Prácticas y Estándares Internos de Ingeniería<sup>11</sup>**

#### 11. ExxonMobil *Technical Manual 098 (Design Practices)*:

- a. DP XII *Pumps*, Sección E (*Centrifugal Pumps Performance Characteristics*).
- b. DP XII *Instrumentation*, Sección F (*Control Valves*).
- c. DP XIV *Fluid Flow*, Secciones A (*General Considerations*) y B (*Single-Phase Liquid Flow*).

#### 12. ExxonMobil *Global Practices*:

- a. GP 15-09-01 *Control Valves*

---

<sup>11</sup> A causa de las políticas internas de la compañía no es posible hacer referencia textual a los estándares de Ingeniería propiedad de la misma en el cuerpo del informe, sin embargo, sí se enlistan acá los títulos de los documentos que fueron utilizados como fuente de información.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)

# Reporte Técnico N°3

*Diseño de reemplazo para la válvula de control de presión del Fuel Oil (bunker) usado como combustible en hornos de proceso de la Refinería Managua (ESSO Estándar Oil Ltda. de Nicaragua).*

## 1. Objetivos de la Actividad.

- Diseñar un reemplazo para la válvula que controla la presión del fuel oil (bunker) usado como combustible en hornos de proceso.
- Diseñar las modificaciones a la sección de tubería en la cual será instalada la nueva válvula que sean requeridas para cumplir con los estándares de ingeniería y prácticas de diseño aplicables.

## 2. Descripción del Área de Trabajo.

El corte más pesado resultante de la destilación atmosférica del crudo en la Refinería Managua, conocido comúnmente bajo el nombre del *fuel oil* o *bunker*, representa la corriente de fondo de la torre en la cual se lleva a cabo tal destilación. Con el doble objetivo de preparar esta corriente para un almacenamiento seguro en los tanques de este producto y al mismo tiempo aprovechar la energía en ella, se hace pasar todo el caudal proveniente del fondo de la torre por una serie de intercambiadores en los cuales el fuel oil cede calor a otras corrientes, principalmente crudo. Al final de este recorrido, el producto pasa por un enfriador con ventiladores que tiene el tag E-204, a la salida del cual una parte de la corriente es tomada por la succión de dos bombas con el tag P-121 A y P-121 B (alternativamente) para enviarse como combustible a dos de los hornos de proceso: el F-101 y el F-102.

Las bombas P-121 A y B envían el combustible a lo largo del pasillo central de la refinería por medio de un tubo madre hasta llegar a las respectivas derivaciones que sirven de toma para el horno F-102 y luego el horno F-101, luego de las cuales retorna a la succión de las bombas a través de la válvula de control PV-116, la cual está diseñada para aliviar cualquier exceso de presión en el sistema o bien, restringir el flujo para acumularla en caso de presiones demasiado bajas (Ver anexo 3A).

La actual válvula de control PV-116 debe remplazarse para hacer efectivo el control de presión en la línea del combustible. En las condiciones actuales el consumo de fuel oil en los hornos es mucho menor que aquél para el cual la válvula fue diseñada, lo que significa que el caudal que retorna hacia la succión de las bombas P-121 A y B es ahora mayor. Esto hace que la válvula resulte subdimensionada, y que al setting de presión que normalmente se establece para esta línea tenga que operar a una apertura de casi el 100%. Debido a esto el personal de operaciones se ve en la obligación de abrir parcialmente la válvula de sobrepaso. Evidentemente, la válvula de sobrepaso abierta reduce sensiblemente la capacidad del lazo de control para mantener la presión dentro de un rango aceptable para la operación de los hornos de proceso y al mismo tiempo en condiciones seguras para el personal y los equipos de proceso.

Además de los problemas de confiabilidad ligados a la capacidad de diseño, la válvula y las instalaciones asociadas a ella distan mucho de los requerimientos establecidos por los estándares de ingeniería actuales aplicables al diseño, selección, operación e instalación de válvulas de control y sistemas de tuberías. Algunos detalles como limitaciones de acceso para mantenimiento, ausencia de soportes apropiados, dificultad para la adquisición de repuestos por obsolescencia, desgaste severo, etc., representan algunas de las deficiencias que justifican el reemplazo y modernización de la válvula de control y las instalaciones asociadas a ella.

### 3. Desarrollo.

#### 3.1 Consideraciones Generales Sobre Válvulas de Control.

Un lazo de control típico para una variable definida (comúnmente presión, temperatura, nivel o flujo) consta de tres elementos esenciales: un elemento primario que mida el valor de la variable controlada, un controlador que decida la acción modulante a ejecutarse en dependencia del estado actual de la variable indicado por el elemento primario, y un elemento final que ejecuta la acción modulante. En la gran mayoría de las aplicaciones de control de procesos el elemento final es una válvula de control (Murril, 2000).

Una válvula de control es, de la forma más general, una válvula accionada de forma remota y/o automática que cuenta con la capacidad de *modular* el valor de una variable restringiendo o aumentando la tasa de flujo en una corriente determinada. Las válvulas de control, por lo tanto, no son más que reguladores de flujo (Corripio y Smith, 1991).

Los elementos básicos de una válvula de control son usualmente dos: el *cuerpo* y el *actuador* (Corripio y Smith, 1991). En términos generales, el cuerpo con frecuencia no es muy diferente al de una válvula común tipo globo, bola o mariposa, existiendo también otras variantes. En la configuración típica, a lo interno del cuerpo el paso de flujo se ve regulado por la posición del tapón o disco en relación al orificio o *puerto*. Dentro de la multitud de configuraciones disponibles comercialmente, el caso más frecuente es el de una válvula con cuerpo tipo globo, con uno o dos puertos. Este tipo de válvulas pertenece al grupo llamado de *vástago deslizante* por el movimiento vertical que produce en el vástago el actuador para ajustar la posición del vástago o apertura de la válvula según se requiera (Fisher Controls International Inc., 2001).

El actuador es la parte de la válvula de control que toma de la fuerza motriz (comúnmente aire o algún otro fluido a presión) la energía para desplazar el vástago y tapón sobre el puerto de la válvula contra una fuerza contraria ejercida por un resorte, y es por lo tanto en gran medida el responsable de brindar la fuerza requerida para vencer la presión en la línea y obtener un cierre apropiado de la válvula (Baumman, 2009). Igualmente, el actuador en conjunto con la configuración interna de la válvula es el que determina la dirección de accionamiento (aire para abrir o aire para cerrar) y la posición de fallo de ésta, que es un punto de especial atención al momento de especificarla para conseguir una posición segura en una determinada aplicación en caso de pérdida de la fuerza motriz (falla abierta o falla cerrada).

Adicionales al cuerpo y el actuador, los montajes de válvulas de control suelen incluir algunos otros elementos accesorios entre los que destacan los posicionadores. Estos elementos, que pueden ser mecanismos neumáticos o electroneumáticos, reciben del controlador del lazo de control la orden de establecer una determinada apertura en la válvula y a partir de ella hacen pasar hacia al actuador el aire necesario para conseguirla con precisión en un tiempo aceptable, minimizando así los efectos de las fuerzas de fricción en el movimiento del vástago y otros efectos como contrapresiones, bandas y tiempos muertos, etc. (Fisher Controls International Inc., 2001). Estos elementos pueden por lo tanto considerarse como verdaderos controladores de posición en un arreglo muy parecido a un control en cascada convencional (Corripio y Smith, 1991).

El dimensionamiento y selección de una válvula de control consiste fundamentalmente en el cálculo de su coeficiente de válvula o  $C_v$  y la posterior identificación de entre los modelos disponibles comercialmente del tamaño que mejor se ajuste al valor requerido para cumplir con los requerimientos del proceso (Corripio y Smith, 1991). Este coeficiente de válvula es un número adimensional que a través de una correspondencia definida relaciona la capacidad de flujo a través de la válvula con la caída de presión generada en la misma. Por supuesto, muchos otros factores adicionales al dimensionamiento deben ser tomados en cuenta durante el diseño de una válvula de control. Una correcta selección de materiales, tipo de construcción, conexiones a proceso, accesorios... son por supuesto sumamente importantes y estarán definidos por la aplicación misma para garantizar un desempeño apropiado y económico del diseño final, lo que hace de ésta una tarea compleja de ingeniería.

Una descripción más detallada del funcionamiento, construcción y selección de válvulas de control puede encontrarse en las referencias de este documento, en especial las obras de Baumann y Fisher Controls Inc. Según Murril (2000), existe en realidad una cantidad casi sin límites de variantes de construcción y montaje en cuanto a válvulas de control. Para las diversas consideraciones de ingeniería durante el diseño y selección del reemplazo de la actual válvula PV-116 se ha tomado en cuenta la gama de modelos y construcciones establecidas en las guías y requerimientos de ingeniería de la compañía y las consultas a la literatura actual de los principales fabricantes.

### **3.2. Bases de Diseño**

El diseño y selección del reemplazo para la actual válvula PV-116 se ha realizado partiendo de datos de planta seleccionados según su representatividad, entrevistas con el personal de Operaciones de la Refinería Managua (con el objetivo de identificar y valorar condiciones de operación diferentes a las de diseño que pudieran presentarse con relativa frecuencia y que por lo tanto debieran considerarse durante el proceso de diseño y selección) y conforme los estándares y guías de ingeniería aplicables y vigentes en la industria y/o requeridos por las prácticas de diseño de la compañía.

#### **3.2.1 Identificación de Condiciones Operativas de Diseño.**

Las condiciones de flujo en las secciones de tubería que están en relación directa con el lazo de control de presión de fuel oil afectan de forma cardinal al desempeño del mismo y determinan de forma particular el escenario para el cual la nueva válvula debe diseñarse. Las variables más importantes que es necesario definir son por supuesto la temperatura y presión de diseño. Sobre la base de estas dos variables de proceso se determinan las propiedades específicas tales como: densidad, viscosidad y presión de vapor del fluido.

La temperatura que se utiliza como base de diseño ha sido tomada del valor promedio del registro de los últimos tres años del sensor de temperatura con el tag TI-202, ubicado en la sección de tubería inmediatamente anterior a la succión de las bombas P-121 A y B. El valor de la temperatura en este punto oscila alrededor de 250 °F (121.1 °C). Adicionalmente, se ha confirmado con el personal de Operaciones de la Refinería Managua la representatividad de este valor pues se considera la temperatura objetivo para la temperatura de la corriente de fuel oil aguas abajo del enfriador E-104, que es el punto del cual se deriva la succión de las P-121 A y B (ver anexo 3A).

La presión de diseño en las secciones de interés estará en dependencia tanto de la descarga de las bombas P-121 A y B como única fuente de presión en el sistema, como de las pérdidas de presión en el mismo, causadas por el propio flujo. Bajo esta consideración, el diseño de la nueva válvula y las secciones de tuberías a modificar se ha realizado para el peor escenario en términos de máxima presión teórica posible a la entrada de la válvula de control.

A la temperatura de operación, el resto de propiedades del fluido que son requeridas para el diseño (viscosidad, densidad, etc.) han sido determinadas utilizando el módulo de simulación de propiedades de fluidos QUEST DISTEX, del software de diseño y simulación de procesos PEGASYS, desarrollado por y propiedad de la empresa *ExxonMobil Research and Engineering Company* (EMRE) (ver anexo 3N). En todos los casos, la representatividad de los valores obtenidos mediante simulación ha sido confirmada con el personal de Operaciones.

### **3.2.2 Identificación de escenarios de flujo y caudal de diseño.**

El coeficiente  $C_v$  de la nueva válvula, y por consiguiente el tamaño de ésta, estará determinado en principio por el máximo flujo que se espera que ésta sea capaz de hacer pasar a través de sí misma a la caída de presión que se asigne para su operación (Corripio y Smith, 1991). De esta forma, el cálculo del  $C_v$  requerido se realiza en primera instancia considerando el caso de mayor flujo, mismo que debe ser determinado de entre todos los escenarios posibles. Consecutivamente se consideran algunos factores de sobredimensionamiento según los requerimientos de diseño a seguir, a como se discutirá más adelante en este mismo documento.

Los escenarios de flujo que han sido considerados para el diseño de la válvula de control han sido determinados tomando en cuenta las características específicas del sistema en el cual esta será instalada. En este sistema, el flujo neto a través del mismo está en todo momento en función del consumo en los dos hornos de proceso que utilizan el fuel oil como combustible. Ese consumo es monitoreado periódicamente por medio de dos medidores de flujo de tipo desplazamiento positivo que funcionan como totalizadores de flujo. Estos medidores están instalados el uno en la sección de descarga de las bombas P-121 A y B (conocido en el sitio como indicación de flujo *bruto*) y el otro, en la sección de retorno a la succión de las mismas, indicando el flujo total bombeado hacia los hornos y el flujo no consumido en los mismos o retorno, respectivamente (conocido como indicación de flujo *neto*; ver anexo 3A para una mejor comprensión). Con una frecuencia diaria y siempre en el mismo momento del día, el personal de Operaciones toma registro de la lectura de ambos medidores y de esta forma se lleva un control del consumo de los hornos y es posible determinar también de forma directa, y sobre una base diaria, el flujo bombeado por las bombas P-121 A y B (y eventualmente el diferencial de presión generado por ellas en el flujo), así como el flujo no consumido que retorna a la succión de las mismas a través de la válvula de control.

La corriente de retorno a través de la válvula PV-116 (y en las condiciones actuales, también a través de la válvula de bypass), cuyo valor de flujo es determinado usando como referencia los totalizadores de flujo, es la que se ha utilizado como base del diseño para la nueva válvula. Los escenarios de flujo mínimo, máximo (caso de diseño) y normal o promedio que se han utilizado fueron definidos usando el registro de los totalizadores de flujo en los meses de Enero y Febrero de 2010. Este período es especialmente representativo y útil como

referencia porque se trata de los meses de mayor y menor consumo de fuel oil como combustible en los hornos de proceso<sup>12</sup>. La lógica de los escenarios de flujo considerados, los cuales se describen detalladamente en el anexo 3H, ha sido desarrollada de forma tal que el retorno a través de la válvula de control se corresponde con los extremos en los valores registrados de flujo bombeado y consumo en los hornos de proceso.

### 3.2.3 Consideraciones relativas a las caídas de presión en el sistema

En el diseño de válvulas de control, un conocimiento profundo de la hidráulica del sistema es particularmente importante para identificar los requerimientos de construcción y dimensionamiento. La presión de diseño es por supuesto un parámetro esencial para definir el rating de presión bajo el cual deberá construirse el cuerpo de la válvula y que afectará además de forma directa el diseño del actuador, en la mayoría de los casos de forma significativa. Finalmente, los diferentes escenarios de presión en las secciones de flujo que se obtienen de un análisis hidráulico del sistema son la base para la selección del  $\Delta P$  que será asignado a la válvula.

Para el diseño de la nueva válvula en el sistema de fuel oil a hornos, el análisis hidráulico ha sido completado utilizando tanto la información técnica disponible en la biblioteca técnica de la Refinería Managua (curvas de operación de las bombas, planos isométricos de tubería, etc.) como los datos de campo disponibles directamente en planta (lecturas de manómetros). La representatividad de estos últimos ha sido confirmada con el personal de Operaciones del sitio. El resultado de este análisis son los escenarios de presión máxima, mínima y promedio que se presentan como parte de los anexos a este informe.

Al igual que las propiedades del fluido a las condiciones de operación mencionadas previamente, las pérdidas de presión en las líneas han sido calculadas utilizando el software de diseño y simulación de procesos PEGASYS, de la empresa *ExxonMobil Research and Engineering Company* (EMRE) (ver anexo 3M). Para estos cálculos se ha simulado el flujo de fuel oil a condiciones de diseño a cada una de las tasas utilizadas en los escenarios de flujo identificados previamente a través de las secciones de tubería que conforman el lazo que va desde la descarga de las bombas P-121 A y B hasta alcanzar nuevamente la succión de las mismas. En las secciones individuales donde el flujo se ramifica luego de las derivaciones hacia los quemadores de los hornos se ha asumido un porcentaje del 35% del consumo total

---

<sup>12</sup> Los quemadores de estos hornos son del tipo mixto, es decir que se utilizan quemando al mismo tiempo dos tipos de combustible: fuel oil líquido y gas de refinería (también llamado *fuel gas*). Este último es el gas rico en fracciones ligeras que se obtiene como subproducto de varias etapas del proceso de refinación, siendo en la Refinería Managua el proceso de reformación catalítica el principal contribuyente gracias al cracking sufrido parcialmente en la corriente de reformado y el exceso de hidrógeno generado. Por su poco valor comercial, el gas de refinería es el producto de preferencia para ser consumido por completo como combustible en los hornos de proceso (Leffler, 1985). Los meses considerados representan respectivamente el final y el principio de un ciclo de vida del catalizador del reformador catalítico de la Refinería Managua, cuyo estado es un factor clave en la generación de gas de refinería. Al final de este ciclo, el cracking sufrido por la corriente de reformado es comparativamente mayor que aquella observada al inicio del mismo, observándose por lo tanto un máximo en la cantidad de gas de refinería disponible y un mínimo en la cantidad consumida de fuel oil. De forma contraria, el inicio del ciclo representa un mínimo en la cantidad disponible de gas de refinería y por lo tanto un máximo en el consumo de fuel oil.



de combustible como consumo específico del horno F-102. Este porcentaje está basado en el registro histórico del Ingeniero de Optimización de Energía del Sitio.

Según muestran los resultados de la simulación, las condiciones de máxima presión teórica en el sistema significarían un valor de aproximadamente 300 psig (2.06 MPa) a la entrada de la válvula de control [se asume una presión de succión de 50 psig (344.73 kPa) a la entrada de las bombas P-121 A y B, confirmada en el sitio mediante la lectura de manómetros locales]. Esta máxima presión teórica a la entrada de la válvula será usada más adelante en este documento para justificar la selección del rating de presión de la válvula. Igualmente, este mismo valor será usado para el dimensionamiento del actuador, pues representa la condición en la cual se requerirá en éste una máxima fuerza para lograr cerrar la válvula de control venciendo la fuerza contraria producida por la presión de fluido y además las fuerzas de fricción propias de la válvula.

Finalmente en cuanto a consideraciones hidráulicas en el sistema, la presión diferencial que ha sido asignada a la nueva válvula de control ha sido calculada usando como base las pérdidas de presión previamente calculadas en las secciones de tubería en el escenario de máximo flujo. No existe ninguna norma fija en cuanto a qué valor de presión diferencial asignar a una válvula de control, sin embargo sí existen en la industria varias reglas prácticas empíricas que están dirigidas a buscar un balance entre las pérdidas en la economía de operación de un sistema y las pérdidas económicas en inversión entre una válvula pequeña con alta presión diferencial y una grande con baja presión diferencial (Corripio y Smith, 1991). Una de estas prácticas empíricas de mayor aceptación es la de establecer la caída de presión de diseño de una válvula de control como un porcentaje de las pérdidas de presión totales entre los puntos inicial y final de un sistema hidráulico. Las prácticas de ingeniería vigentes en la compañía establecen como guía para el caso de válvulas de control para líquidos en sistemas con presión estática variable una presión diferencial equivalente al 30% de las pérdidas totales a la máxima tasa de flujo esperada, por lo tanto la presión diferencial a asignar a la válvula es calculada conforme a la siguiente ecuación:

$$0.3 = \frac{\Delta P_v}{\Delta P_v + \Delta P_s}$$

$$\Delta P_v = 0.4285 (\Delta P_s) \quad (3.1)$$

Donde:

$\Delta P_v$  : caída de presión en la válvula, psid.

$\Delta P_s$  : caída de presión en el sistema, psid.

### 3.2.4 Dimensionamiento y especificación de la nueva válvula de control.

El coeficiente  $C_v$  de la nueva válvula de control se determinó usando la máxima razón de flujo esperada en la sección de retorno hacia la succión de las bombas P-121 A y B, esto es, el máximo flujo esperado a través de la válvula de control que se ha obtenido del análisis previo de los posibles escenarios de flujo. De igual forma, para calcular el  $C_v$  de la válvula se

ha asignado a ésta la presión diferencial a máximo flujo calculada según los requerimientos de la compañía (Ecuación 3.1).

La ecuación básica para calcular el  $C_v$  de válvulas de control en servicio líquido a relativamente bajas viscosidades es:

$$C_v = Q \sqrt{\frac{Sg}{\Delta P}} \quad (3.2)$$

Donde:

- $C_v$  : coeficiente de válvula, adimensional.  
 $Q$  : caudal a través de la válvula, gpm.  
 $Sg$  : gravedad específica del fluido, adimensional.  
 $\Delta P$  : caída de presión a través de la válvula, adimensional.

Algunos factores adicionales a los considerados en la ecuación anterior tienen un efecto real sobre el  $C_v$  requerido en las válvulas de control para operar en condiciones definidas. Algunos de estos factores son: viscosidad, construcción y diseño del cuerpo de la válvula, presión de vapor del fluido a condiciones de operación, instalación específica de la válvula (la presencia de reductores en la tubería inmediata a la válvula es especialmente importante), etc. (Fisher Controls International Inc., 2001). No obstante, por lo general en servicios de líquidos poco volátiles y a relativamente bajas presiones de vapor el efecto de estos factores adicionales es muy pequeño, de ahí que el  $C_v$  calculado usando la ecuación básica (Ecuación 3.2) no difiera mucho de aquél calculado utilizando las ecuaciones de los software de dimensionamiento y selección de válvulas de control desarrollados por los principales fabricantes. En la selección final de la válvula, se ha utilizado el coeficiente obtenido utilizando el software de dimensionamiento y selección de dos de los principales fabricantes de válvulas de control<sup>13</sup>.

El  $C_v$  calculado para la condición de máximo flujo representa la especificación inicial de diseño, sin embargo con el objetivo de poder hacer frente a escenarios de flujo o presión anormales o expansiones futuras, la especificación de  $C_v$  final sobre la cual se ha realizado la selección del tamaño de la válvula representa un ligero sobredimensionamiento, según establecen las prácticas de ingeniería de mayor aceptación en la industria (Corripio y Smith, 1991). Los requerimientos vigentes de la compañía establecen un sobredimensionamiento tal que el  $C_v$  al máximo flujo esperado se corresponda a un porcentaje de apertura del 80%<sup>14</sup>.

Para hidrocarburos líquidos poco volátiles, a baja viscosidad, en líneas mayores a 1 in. de diámetro y en las cuales no exista mayor restricción en cuanto a caídas de presión o presencia de lodos, las guías de diseño de la compañía recomiendan como primera alternativa el uso de

<sup>13</sup> Las versiones más recientes de los programas *Firstvue*, desarrollado por la compañía Fisher Controls International Inc. y *ValSpeq*, desarrollado por la compañía Dresser-Masoneilan han sido utilizados de forma alternativa durante la etapa de diseño.

<sup>14</sup> En la práctica, el tamaño de la válvula de control seleccionada normalmente corresponde al más pequeño que supere el  $C_v$  requerido incluyendo el factor de sobredimensionamiento.

válvulas de control tipo globo de doble asiento (doble puerto). La principal ventaja de este tipo de válvulas frente a aquellas de construcción con un único puerto es la distribución de fuerzas entre los dos asientos que resulta en un balance que tiende a minimizar el efecto de las fuerzas del fluido sobre el tamaño requerido de actuador, de ahí que a este tipo de construcción se le conozca como “balanceada” (Fisher Controls International Inc., 2001). A pesar de lo anterior, la instalación de una válvula del mismo tamaño de la línea (NPS 1 ½) o menor no implicaría un efecto significativo de las fuerzas de flujo sobre el tamaño del actuador, a como se verificará durante el dimensionamiento de este último. Utilizar un único asiento, por otra parte, aumenta la hermeticidad del diseño y brinda mejores alternativas en cuanto a capacidades acordes a las requeridas (Fisher Controls International Inc., 2001). La literatura actual especializada de los principales fabricantes sugiere el uso de válvulas tipo globo de un único asiento para servicios de hidrocarburos combustibles para hornos de proceso (Fisher Controls International Inc., 2004). Se ha optado por lo tanto por un modelo tipo globo con solamente un puerto para la nueva válvula.

A lo interno de las válvulas, los tapones o las jaulas generalmente tienen un contorno cuidadosamente elaborado para brindar una relación característica entre apertura y flujo a través de las válvulas (Fisher Controls International Inc., 2001). En otras ocasiones, sobre el asiento de la válvula se coloca una *jaula* o guía caracterizada que brinda el contorno y la caracterización deseada, llamada comúnmente *característica de flujo inherente* de la válvula<sup>15</sup> (Murril, 2000). Este aspecto es sumamente importante pues determina el comportamiento dinámico del flujo a través de la válvula de control y por lo tanto la estabilidad del sistema. Para un gran número de aplicaciones, la característica de flujo llamada de *igual porcentaje*<sup>16</sup> es ampliamente aceptada como la más apropiada para brindar linealidad y por lo tanto estabilidad en el proceso, lo que la convierte en la más utilizada en la industria (Baumman, 2009). Así, los requerimientos de diseño vigentes en la Refinería Managua establecen como requisito para nuevas válvulas de control una característica de flujo de igual porcentaje (salvo ciertas excepciones).

Otra característica importante a considerar en la selección de la nueva válvula de control es el *ajuste de rango* (rangeability) de ésta. Este ajuste de rango es definido como la razón existente entre la máxima y mínima cantidad de flujo que la válvula puede controlar y brinda por lo tanto una idea de la capacidad de una válvula particular para ejercer efecto sobre el flujo en un sistema hidráulico definido (Corripio y Smith, 1991). Las prácticas de diseño de la compañía recomiendan un ajuste de rango no menor a 10:1 (el flujo máximo que la válvula esté en capacidad de controlar debería ser al menos 10 veces el flujo mínimo). Para la selección de la válvula que reemplazará a la actual PV-116 se ha verificado previamente que esta condición sea cumplida.

---

<sup>15</sup> Recibe este nombre a fin de diferenciarla de la llamada *característica de flujo de válvula instalada*. Mientras que la característica de flujo inherente se define como la relación del porcentaje de flujo total a través de una válvula con el porcentaje de apertura correspondiente asumiendo una caída de presión constante a través de la válvula, la característica de flujo de válvula instalada toma en cuenta los cambios en la caída de presión conforme cambia el flujo a través de ésta.

<sup>16</sup> Recibe este nombre porque en este tipo de caracterización idealmente para incrementos iguales en el recorrido de la válvula, el cambio en la tasa de flujo correspondiente permanece como un porcentaje constante de la tasa de flujo en el momento del cambio (Fisher Controls International Inc., 2001). Este tipo de relación genera una curva de Porcentaje de Apertura vs. Porcentaje de Flujo Máximo con una forma parabólica característica.

Al igual que el cálculo del  $C_v$  final, el diseño del actuador ha sido realizado utilizando el software específico de dimensionamiento y selección de los principales fabricantes de válvulas de control de forma acorde con la selección realizada para el cuerpo de la válvula y demás accesorios. El dimensionamiento, que entre otros aspectos es especialmente importante para garantizar un cierre apropiado en la válvula, es verificado para garantizar que se superarán las fuerzas involucradas durante la operación (fricción de las empaquetaduras, presión del fluido, etc.). El actuador seleccionado corresponde al tamaño estándar del fabricante más pequeño que es capaz de cumplir con la condición anterior. Por seguridad, el actuador ha sido elegido de forma tal que al montarse sobre el cuerpo de la válvula seleccionada obligue a ésta a abrir en ausencia de presión de aire. En otras palabras, se ha seleccionado un conjunto válvula-actuador con posición de falla abierta. Esta posición de falla es requerida para obligar a la presión del fuel oil hacia a los quemadores de los hornos a descender hasta un valor seguro en el escenario descrito.

Las prácticas de diseño de la compañía establecen el uso de un posicionador como parte de la especificación de nuevas válvulas de control, salvo el caso de válvulas que serán instaladas en aplicaciones *on-off*<sup>17</sup>. De igual forma, el uso de este accesorio es recomendado por el Instituto Americano de Petróleo (API RP 553). Por lo tanto, como parte de este diseño se ha incluido la especificación de un posicionador del tipo digital, el cual además de cumplir con la función mecánica de reducir el efecto de la fricción entre otras cosas es capaz de brindar diagnósticos del desempeño de la válvula. Un aspecto importante a mencionar al respecto de estos equipos es la necesidad de cumplir con los requerimientos de clasificación de área eléctrica debido al cableado que comunica al equipo directamente con el controlador. El equipo seleccionado ha sido especificado para cumplir con los requerimientos de la certificación Explosion Proof<sup>18</sup>.

### **3.3 Propuesta de Modificaciones a las Secciones de Tubería Anexas**

La propuesta de modificación de la sección de tubería en la que se encuentra instalada la actual válvula PV-116 ha sido preparada para cumplir con los requerimientos actuales de ingeniería relativos a la instalación de válvulas de control. Todas las modificaciones a las secciones de tubería inmediatamente adyacentes a la válvula de control han sido diseñadas para ser realizadas en conjunto con el reemplazo de la válvula misma. Los principales cambios propuestos se detallan en los anexos 3B y 3D:

#### **3.3.1 Modificaciones al trazado de la línea.**

Aunque la figura general del trazado de la tubería permanece sin alteraciones mayores, las dimensiones en ella han sido modificadas para garantizar todas las medidas de espaciamiento

---

<sup>17</sup> Esto es, aquellos servicios en los que la acción de la válvula se limita a cambiar de la posición completamente abierta a completamente cerrada o viceversa según las variaciones en el valor de la variable de proceso (Murril, 2000).

<sup>18</sup> Esta certificación garantiza que el equipo es capaz de soportar cualquier explosión y evitar la eventual ignición de atmósferas inflamables en caso de falla. Ver para mayores detalles a este respecto los estándares IEC 60079 (*Explosive Atmospheres*) y API RP 500 (*Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Systems*).

requeridas por las prácticas de ingeniería de la compañía y la experiencia para accesibilidad por mantenimiento y operación, así como para garantizar la estabilidad mecánica de la sección. De esta forma, la distancia horizontal entre las líneas de entrada y salida de la válvula ha sido aumentada ligeramente para cumplir con el requerimiento mínimo de 6 in (15.24 cm) de tubería recta tanto aguas arriba como aguas abajo de la válvula de control. La distancia vertical entre las válvulas de drenaje a ambos lados de la válvula y el suelo ha sido definida para garantizar la posibilidad de conexión de mangueras de vapor o tubería flexible para barrido con vapor o drenaje. Así mismo, la distancia entre la válvula misma y el suelo ha sido definida para cumplir con el requerimiento mínimo de 12 in (30.48 cm). La distancia vertical entre el tope superior del actuador y la línea de sobrepaso ha sido determinada para garantizar la facilidad de remoción de la válvula en una distancia no menor a 12 in (30.48 cm). Finalmente, el espaciamiento entre la válvula de sobrepaso y la línea de entrada hacia la válvula de control ha sido reducido al mínimo, según recomendación también de las guías de diseño de la compañía. Todas las dimensiones tal cual han sido definidas en la propuesta, han sido también verificadas para ser consistentes con los requerimientos mínimos de espaciamiento entre soldaduras establecidos por la compañía.

El único cambio que se ha propuesto para la figura de la sección de tubería consiste en la modificación de una sección horizontal ubicada en la parte superior de la línea de entrada a la válvula de control, la cual en su estado actual reduce la estabilidad mecánica de la línea. El nuevo trazado minimiza esta sección para coincidir con el espaciamiento propuesto entre las líneas de entrada y salida de la válvula de control.

De forma general, la construcción de la nueva sección de tubería ha sido diseñada conforme a los estándares de ingeniería aplicables, las prácticas de diseño generalmente aceptadas en la industria y los requerimientos específicos establecidos en las guías de diseño del sitio.

### **3.3.2 Modificaciones a instalaciones y accesorios en la línea.**

Las tomas a proceso del transmisor del lazo de control de presión al cual pertenece la válvula de control y del manómetro local instalado en la misma sección, han sido independizadas y reubicadas para cumplir con los requerimientos de la compañía en cuanto a la independencia en las tomas de instrumentación general y accesibilidad para monitoreo y mantenimiento desde nivel de piso.

La línea actual cuenta en la sección de entrada a la válvula de control con una línea paralela de tubería flexible de acero inoxidable para calentamiento con vapor o *steam tracing*, diseñado para mantener la temperatura del fuel oil que fluye a lo interno de la tubería, y por lo tanto su viscosidad, en un valor aceptable. Este tipo de instalaciones es común en plantas donde existe previamente una caldera o generador de vapor (Perry, 1997), como en el caso de la Refinería Managua. Como parte del alcance de este trabajo, se ha propuesto la renovación parcial de la línea de steam tracing pues en las condiciones actuales la instalación es inapropiada y por lo tanto ineficiente. Parte de esta línea actual se encuentra a lo externo del aislamiento de la tubería e instalada en forma de espiral sobre la misma (ver detalles en el anexo 3E). La válvula de bloqueo hacia el cabezal de vapor principal se encuentra además en mal estado (fuga por el bonete). Estos aspectos están fuera de los requerimientos básicos establecidos por las prácticas de diseño de la compañía y además de uno de los principales

fabricantes y proveedores de sistemas de tracing térmico (se recomienda la guía técnica para instalación de steam tracing publicada por *Thermon Co. Manufacturing* que se incluye en las referencias). La recomendación general es un trazado en línea recta paralela a la tubería principal e instalada a lo interno del aislamiento térmico. Todos los materiales requeridos para las modificaciones propuestas han sido incluidos en el listado de materiales anexos.

Como parte de este trabajo, la sección de aislamiento térmico instalada en los tramos de tubería que serán modificados será necesariamente desmantelada y renovada. El aislamiento actual ha sido identificado por las autoridades de Salud y Seguridad Laboral de la Refinería Managua como posible material con presencia de asbestos<sup>19</sup>, por esta razón se ha decidido preparar el nuevo aislamiento con Silicato de Calcio como base. Con tal de garantizar una pérdida energética menor a la máxima estipulada en las guías de diseño de la compañía, la aptitud de un aislamiento de 2 in (5.08 cm) de grosor ha sido verificada para las peores condiciones de operación esperadas (ver hoja de cálculo en el anexo 3Q). Todas las ecuaciones utilizadas para la verificación han sido derivadas de las ecuaciones básicas que describen la transferencia de calor por conducción y convección en la forma en que son presentadas en las guías de diseño de la compañía aplicables al diseño de aislamiento térmico.

### **3.3.3 Consideraciones relativas a los soportes de la tubería.**

La sección de tubería actual en la cual está instalada la válvula PV-116 no cuenta con soportes apropiados que permitan reducir el stress y la vibración en la línea, provocados tanto por el flujo en ella como por su propio peso, hasta niveles aceptables. Por esta razón las modificaciones propuestas incluyen la adición de nuevos soportes diseñados utilizando los modelos previamente elaborados en las guías de diseño de la compañía y seleccionados con la asistencia del personal de Inspección de Equipos Fijos del Departamento Técnico de la Refinería Managua. Para mayores detalles relativos al diseño de los soportes ver el anexo 3D.

## **3.4. Diseño Mecánico**

Tanto la selección de la nueva válvula como las modificaciones propuestas a la sección de tubería donde ésta será instalada requieren de una verificación general de las especificaciones mecánicas para garantizar una operación apropiada y segura.

### **3.4.1 Selección de materiales.**

La selección de materiales de construcción en la nueva válvula es especialmente importante para garantizar una operación durable de la misma. Al igual que en el diseño de nuevas secciones de tubería, la selección de materiales para la válvula está basada en las condiciones de presión, temperatura, algunas condiciones hidráulicas y las propiedades químicas del fluido (Fisher Controls International Inc., 2001). En el caso de las válvulas, no obstante, la selección de materiales de los componentes internos tiene una relevancia especial, pues se trata de los elementos que estarán sujetos a mayores condiciones de desgaste y que además

---

<sup>19</sup> Los materiales para aislamiento térmico a base de asbestos fueron ampliamente utilizados en el pasado. Sin embargo, se ha demostrado que la exposición a este producto es perjudicial para la salud del personal, aumentando el riesgo de contraer enfermedades como asbestosis, cáncer, etc. (OSHA Asbestos Factsheet).

son particularmente responsables de la capacidad de la válvula para brindar la característica de flujo deseada y una hermeticidad apropiada en el cierre.

La recomendación básica de las normas de la compañía para la selección de los materiales de válvulas de control es la de utilizar las combinaciones estándar ofrecidas por los fabricantes, salvo en el caso de fluidos o condiciones que exigieran una consideración mayor. De este modo, para aplicaciones de hidrocarburos en servicios generales en las que no existen condiciones particulares de corrosión o erosión que requieran de materiales especiales, es aceptable en términos de economía y durabilidad una válvula con cuerpo de acero al carbón (generalmente conforme a la especificación ASME/ASTM A216 en los grados WCC o WCB) e internos de acero inoxidable (siendo los grados comerciales ASME/ASTM 316, 304 y 17-4PH los de uso más frecuente) (Fisher Controls International Inc., 2001 y Bauman, 2009). Esta es, por lo tanto, la combinación que se ha elegido como parte de la especificación para la nueva PV-116 partiendo de los materiales estándar ofertados por dos de los principales fabricantes de válvulas de control (Ver hoja de especificación anexa).

Para tuberías en servicios generales, el material estándar utilizado en la Refinería Managua es de acero al carbón bajo la especificación ASME/ASTM A-106 [o las especificaciones equivalentes del Instituto Americano del Petróleo (API)]. Este es por tanto el material que ha sido especificado para las secciones de tubería a reemplazar.

### **3.4.2 Especificación de conexiones y accesorios de tubería**

La válvula y la tubería actuales fueron originalmente diseñadas con conexiones roscadas. En el diseño de modificaciones a la tubería para la instalación de la nueva válvula ha sido eliminadas algunas de estas conexiones roscadas que unen tramos de tubería (conocidas localmente como *uniones maleables*) como requerimiento de los estándares de diseño de la compañía para nuevas tuberías. De igual forma, la válvula de control que será utilizada ha sido especificada con conexiones bridadas, eliminando a las roscadas actuales pues el uso de bridas es preferido basándose en la experiencia y en las guías de diseño de válvulas de control de la compañía y de la industria en general por la facilidad que brindan para el montaje y desmontaje de las válvulas.

En general y conforme a los requerimientos de diseño vigentes en la Refinería Managua, los accesorios de tubería, de diámetro menor a NPS 2<sup>20</sup>, han sido especificados utilizando conexiones del tipo *socket weld* (Lee, 1999), con un rating clase 3000 conforme al estándar ASME B16.11 (*Forged Fittings, Socket-Welding and Threaded*) y a la selección de espesor de pared de la tubería adyacente, a como se discutirá más adelante.

Las válvulas de bloqueo y de sobrepaso que será necesario reemplazar se han seleccionado del tipo compuerta y globo, respectivamente y conforme a los estándares API correspondientes (citados en la bibliografía). Las válvulas tipo compuerta están diseñadas para operar completamente abiertas o completamente cerradas y proporcionar un buen cierre,

---

<sup>20</sup> Se usa la nomenclatura establecida por los códigos ASME correspondientes para designar los tamaños estándar de tuberías. Ver estándares ASME B31.1 (*Process Piping*) y B36.10M (*Dimensions and Weights of Welded and Seamless Wrought Steel Pipe*) para mayores detalles.

por lo que son comúnmente utilizadas como válvulas de bloqueo. Para el sobrepaso, en cambio, se prefiere una válvula tipo globo porque su construcción permite operarlas en aperturas intermedias, lo que las hace especialmente útiles para regular el flujo a través de ellas (Smith, 2005).

La válvula que será utilizada en el sobrepaso de la válvula de control merece especial atención pues por principio de diseño debe ser seleccionada de forma tal que en caso de ausencia de la válvula de control, por ejemplo por mantenimiento, se garantice una capacidad de flujo cercana en el sobrepaso (API RP 550). La recomendación general para una tubería y válvula de control tamaño NPS 1 ½ in es el instalar válvulas de bloqueo y sobrepaso de al menos el mismo tamaño (Hutchinson, 1976). Para este diseño se ha especificado por lo tanto una válvula de sobrepaso tipo globo del mismo tamaño que la línea.

La especificación de todos los elementos adicionales (empaquetaduras, pernería, electrodos de soldadura, anclajes, acabados, formas, dimensiones adicionales y cantidades) están dirigidas a cumplir con los requerimientos para la instalación según los estándares de la industria aplicables según el caso y las prácticas mandatorias de la compañía.

### **3.4.3 Confirmación de rating de presión requerido**

A una temperatura de 250 F (121.1 °C) y una presión de 300 psig (2.06 MPa), definidas anteriormente como condición de diseño, el rating de presión apropiado para las bridas y el cuerpo de la válvula al completar el análisis conforme a lo requerido por el estándar ASME B16.5 (*Pipe Flanges and Flanged Fittings*) es el correspondiente a la clase #300, que sería capaz de soportar hasta un máximo de aproximadamente 645 psig (4.45 MPa) a la misma temperatura.

### **3.4.4 Confirmación de cédula (espesor de pared) de tubería**

Las tuberías del actual sistema de fuel oil hacia los hornos de proceso F-101 y F-102 fueron originalmente diseñadas con un espesor de pared equivalente a la cédula 80 en su totalidad, incluyendo a la sección en la cual está instalada la actual válvula PV-116. Este espesor de pared debe ser verificado para los tramos de tubería que serán reemplazados o modificados como parte de este trabajo usando las condiciones de diseño previamente identificados. La cédula de la tubería a instalar ha sido calculada usando la ecuación básica establecida en el estándar ASME B31.3 (*Process Piping*).

Utilizando una hoja de cálculo de Microsoft Excel que ha sido elaborada específicamente para calcular espesores requeridos de pared en tuberías, se ha determinado que el espesor mínimo de la tubería a utilizar deberá ser 0.159 in (0.4 cm), por lo tanto el espesor de 0.2 in (0.508 cm) de una tubería de NPS 1 ½ con cédula 80 (según ASME B36.10M) es adecuado y además el más económico pues se trata de la opción comercial más pequeña que cumple con lo requerido. Se ha comprobado por lo tanto la aptitud del espesor de pared de la tubería actual, el que además ha sido especificado para los nuevos tramos de tubería a utilizar.

Para el cálculo de espesor de pared se ha asumido un diámetro nominal de NPS 1 1/2 para toda la sección a instalar. Este diámetro es asumido tomando como referencia el tamaño de la línea actual y las recomendaciones para la instalación de válvulas de control de Controls



Internacional Inc. En el diseño hidráulico se verifica la validez de esta asunción al comprobar la aptitud de este diámetro.

### **3.5. Diseño Hidráulico**

La instalación de la nueva válvula y las modificaciones a la tubería en que será instalada deben ser verificadas para garantizar que las condiciones de flujo estarán dentro de los parámetros aceptables conforme a los requerimientos básicos de ingeniería y los específicos de la compañía para sistemas de fuel oil en hornos de proceso. Con este objetivo se ha realizado la verificación del diámetro de la tubería a utilizar y la comprobación de la velocidad lineal de flujo resultante en la misma.

#### **3.5.1 Comprobación de diámetro de tubería**

El diámetro de tubería previamente asumido para las verificaciones de integridad mecánica es el NPS 1 ½. Para confirmar de forma definitiva la aptitud de éste diámetro para la tubería nueva se evaluó la caída de presión resultante por cada 100 ft (30.4 m) de longitud equivalente de tubería, usando para los cálculos el módulo de cálculo de caídas de presión del software de diseño PEGASYS, desarrollado por y propiedad de la empresa *ExxonMobil Research and Engineering Company* (EMRE), el cual está basado en las ecuaciones para el cálculo de caídas de presión en tuberías y accesorios de amplia aceptación en la industria.

Las guías de diseño de la compañía para líneas de proceso en descargas de bombas a presiones relativamente bajas establecen un máximo de caída de presión de 2.0 psig (13.78 kPa) por cada 100 ft (30.4 m) de longitud equivalente de tubería. La caída de presión resultante al evaluar una línea de NPS 1 ½ es de 2.5, superando la recomendación previa. No obstante, la evaluación de diámetros mayores demuestra que se requeriría de una tubería de un diámetro de al menos NPS 3 (el uso de NPS 2 ½ está prohibido en el sitio) para conseguir ajustar la caída de presión según la recomendación, lo que significaría así mismo una disminución importante de la velocidad lineal de flujo<sup>21</sup>.

Una breve valoración económica demuestra la conveniencia de utilizar tubería de NPS 1 ½ a pesar de la recomendación de las guías de diseño. En primer lugar, la diferencia entre la caída de presión obtenida y la recomendada no representan una pérdida energética significativa si se considera la naturaleza cíclica del sistema y la relativamente corta longitud de tubería a utilizar. Por otra parte, la disminución en la velocidad lineal de flujo y las complicaciones en el diseño del trazado de la sección de tubería en caso de aumentar el diámetro hasta NPS 3 in para cumplir con la recomendación de las guías de diseño resultarían perjudiciales al diseño en una medida superior a los beneficios obtenidos por el cambio. Finalmente, el aumento de diámetro representaría también un aumento de los costos del material sin que los beneficios obtenidos lo sustenten. Bajo estas consideraciones, se considera por lo tanto que el mantener el diámetro actual de NPS 1 ½ es la decisión más apropiada desde el punto de vista económico y la que brinda un resultado hidráulico más cercano al esperado idealmente.

#### **3.5.2 Consideraciones relativas a la velocidad lineal de flujo resultante**

---

<sup>21</sup> Es importante mantener una velocidad lineal de flujo razonable para maximizar la estabilidad y uniformidad del flujo y minimizar al mismo tiempo el enfriamiento de éste, según lo establecen las guías de diseño de la compañía.

Las prácticas de diseño de la compañía sugieren un valor de velocidad lineal de flujo para sistemas cíclicos de fuel oil para hornos de proceso no mayor a 6 ft/s (182.8 cm/s). Se ha verificado para el presente diseño que el utilizar una tubería de diámetro NPS 1 ½ significaría en teoría una velocidad de 3.68 ft/s (112.16 cm/s), la cual se considera aceptable.

### **3.6 Resumen de Materiales y Costos**

El consolidado de materiales y estimación de costos (anexo 3I) han sido realizados basándose en los requerimientos de instalación de la nueva válvula y las modificaciones propuestas para la línea. Una vez más, las descripciones comerciales presentadas específicamente para cada material han sido desarrolladas a partir de descripciones genéricas que detallan cada una de las especificaciones discutidas con anterioridad, más otras específicas de acuerdo a los requerimientos de la compañía para algunos elementos (electrodos de soldadura, empaquetaduras para conexiones bridadas, pernos, tuercas, acabados, etc.). Los precios de elemento de la lista, en cambio, son estimados en su mayoría a partir de compras previas de la misma naturaleza realizadas en la empresa.

## **4. Comentarios y Consideraciones Finales**

### **4.1 Comentarios Sobre la Seguridad e Impacto Ambiental**

La ejecución de este trabajo ha sido preparada para cumplir con las normas de seguridad personal establecidas en el manual de seguridad de la compañía que sean aplicables. Aspectos importantes al respecto son la preparación de las líneas de hidrocarburo donde se realizarán trabajos en caliente (básicamente corte y soldadura de secciones y accesorios de tubería), la lectura y cumplimiento con lo establecido en las hojas de seguridad de materiales (MSDS), en especial para el manejo de aislamiento a base de asbestos, y la emanación de vapores de soldadura. De la misma forma, el diseño de la nueva válvula de control y sus instalaciones cumple con todos los puntos relativos a la seguridad en las operaciones establecidos en los manuales de diseño del sitio. Se considera por lo tanto que la ejecución de este trabajo no tiene ninguna consecuencia permanente sobre la salud del personal.

En lo relativo al impacto ambiental de este trabajo la única consideración importante es el manejo adecuado de los desechos producidos durante la preparación del mismo y luego de su ejecución. Todos los desechos, y en especial el aislamiento térmico y cualquier otro material removido y contaminado con asbestos, deberán cumplir con las normativas locales y los requerimientos legales vigentes para el manejo de desechos industriales aplicables.

### **4.2 Discusión de Resultados**

La especificación de la válvula de control que deberá adquirirse para reemplazar a la actual PV-116 ha sido desarrollada y evaluada usando los recursos disponibles de dos de los principales fabricantes de válvulas. Los resultados de esta evaluación muestran que la mejor opción comercial es el utilizar una válvula fabricada por Fisher Controls (una división de la corporación Emerson Process Management), modelo EZ Micro Form de cuerpo NPS 1 ½ y puerto reducido de ¾ in (1.905 cm) de diámetro (equivalente a un  $C_v$  máximo de 10.2). El actuador apropiado para esta válvula deberá ser modelo 657 (falla abierta), tamaño 34. El posicionador apropiado según lo especificado previamente es modelo DVC6000. Todos estos

elementos son también fabricados por Fisher Controls. El resto de especificaciones puede observarse a detalle en la hoja de especificaciones de los anexos 3K y 3L.

Este modelo de válvula ha sido utilizado por años en distintas aplicaciones de la Refinería Managua, demostrando en la práctica ser de construcción robusta, fácil de mantener y de costo relativamente bajo. De la misma forma, la disponibilidad de información (manuales técnicos, hojas de fábrica, catálogos, etc.) y la calidad del soporte técnico del fabricante cuentan con el reconocimiento tanto local como internacional. Finalmente, la disponibilidad de repuestos para este modelo de válvula es la más alta gracias a la frecuencia con que se especifica para nuevas instalaciones. Todas estas características son deseables y recomendadas por la literatura especializada (Baumman, 2009).

Las especificaciones de la nueva válvula y la sección de tubería para instalación igualan o superan a las equivalentes actuales en términos de operabilidad, precisión, estabilidad, durabilidad y accesibilidad para mantenimiento.

### **4.3 Recomendaciones Finales**

A continuación se presentan algunas recomendaciones a partir de la especificación realizada y los lineamientos generales que ofrece la literatura especializada para la instalación y operación de válvulas de control.

- En vista del riesgo que implica la manipulación de asbestos y los materiales accesorios en servicio de vapor para la instalación tanto del tracing de vapor como del aislamiento térmico en la tubería, es altamente recomendable que el personal involucrado en los trabajos de remoción de los elementos actuales e instalación de los nuevos utilice el equipo de protección personal especial recomendado para estos trabajos por las guías aprobadas, las normas de la compañía y los requerimientos locales.
- Es recomendable que la nueva válvula de control sea revisada por un técnico especialista al momento de su recepción en el sitio para comprobar la conformidad de las especificaciones de ésta con la especificación realizada. Esta verificación, que incluye una inspección visual y una prueba de banco, es recomendada por diversos fabricantes y estándares de la industria para garantizar la seguridad, integridad y operabilidad de la válvula recibida tomando en cuenta la complejidad y naturaleza diversa de sus componentes.

## **5. Conclusiones**

- Se ha diseñado un reemplazo apropiado para la actual válvula de control de presión de fuel oil utilizado como combustible en los hornos de proceso F-101 y F-102 de la Refinería Managua (PV-116) conforme a las condiciones actuales del proceso y utilizando como bases de diseño las recomendaciones y requerimientos recogidos en diversos estándares de la industria, literatura especializada y las guías de ingeniería internas de la compañía.

- Se ha diseñado una serie de modificaciones a la sección de tubería en la cual será instalada la nueva válvula de control que garantizará una instalación apropiada y proporcionará varias mejoras a la operabilidad del sistema, conforme a prácticas recomendadas por los estándares de la industria aplicables.

## 6. Referencias

### Literatura Especializada y Publicaciones Técnicas

1. Bauman H.D, *Control Valve Primer*, Cuarta Edición, Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA), 2009, ISBN 978-1-934394-50-2.
2. Corripio B.A. y Smith C.A., *Control Automático de Procesos*, Editorial Limusa, 1991, ISBN 968-18-3791-6.
3. Fisher Controls International Inc., *Control Valve Handbook*, Tercera Edición, 2001.
4. Fisher Controls International Inc., *Control Valve Sourcebook (Refining)*, 2004.
5. Fisher Controls International Inc., *EZ Valves Product Bulletin (Document number D100025X012)*, 2010.
6. Hutchinson W.J., *ISA Handbook of Control Valves*, Segunda Edición, Instrument Society of America (ISA), 1976, ISBN 87664-234-2.
7. Lee, R.R., *Pocket Guide to Flanges, Fittings and Piping Data*, Tercera Edición, Elsevier Science and Technology Books, 1999, ISBN 088415310X.
8. Leffler, W.L., *Petroleum Refining for the Nontechnical Person*, Tercera Edición, Penwell, 1985, ISBN 0-87814-280-0.
9. Murril P.W., *Fundamentals of Process Control Theory*, Tercera Edición, Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA), 2000, ISBN 1-55617-683-X.
10. Nesbitt, B., *Handbook of Valves and Actuators – Valves Manual International*, Elsevier Science and Technology Books, 2007, ISBN 1856174948.
11. Perry, R. H., y Don W. Green, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, Séptima Edición, Secciones 8 (*Process Control*) y 11 (*Heat-Transfer Equipment*); McGraw-Hill, 1997, ISBN 0-07-049841-5.
12. Smith, Peter, *Piping Materials Selection and Application*; Elsevier, 2005, ISBN: 0-7506-7743-0.
13. Thermon Manufacturing Co., *Form TSP0010-0698 (Steam Tracing Specification Guide)*.
14. U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration (OSHA), *Asbestos Factsheet*, 2002.

## **Estándares de la Industria<sup>22</sup>**

### 15. American Society of Mechanical Engineers (ASME):

- a. ASME B16.5 *Pipe Flanges and Flanged Fittings*.
- b. ASME B16.11 *Forged Fittings, Socket-Welding and Threaded*.
- c. ASME B31.3 *Process Piping*.
- d. ASME B36.10M *(Dimensions and Weights of Welded and Seamless Wrought Steel Pipe)*.

### 16. American Petroleum Institute (API):

- a. API RP 500 *Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class 1, Division 1 and Division 2*.
- b. API RP 550 *Manual on Installation of Refinery Instruments and Control Systems Parte I (Process Instrumentation and Control) Sección 6 (Control Valves and Accessories)*.
- c. API RP 553 *Refinery Control Valves*.

### 17. International Electrotechnical Commission (IEC):

- a. IEC 60079 *Explosive Atmospheres*.

### 18. Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA):

- a. ISA 5.1 *Instrumentation Symbols and Identification*.
- b. ISA 75.11.01 *Inherent Flow Characteristic and Rangeability of Control Valves*.
- c. ISA 75.08.06 *Face-to-face dimensions for Flanged Globe-Style Control Valves*.

## **Prácticas y Estándares Internos de Ingeniería<sup>23</sup>**

### 19. ExxonMobil *Technical Manual 098 (Design Practices)*:

- a. DP XII *Instrumentation, Sección F (Control Valves)*.

---

<sup>22</sup> Solo se listan aquellos hacia los cuales se hace referencia directa en el texto del documento o han sido consultados para la especificación final de la válvula de control o la sección de tubería anexa. Otras publicaciones han sido utilizadas como referencia para la especificación de materiales.

<sup>23</sup> Por política interna de la compañía no es posible hacer referencia textual a los estándares de Ingeniería propiedad de la misma, sin embargo, sí se enlistan acá los títulos de los documentos que fueron utilizados como fuente de información.

- b. DP XIV *Fluid Flow*, Secciones A (*General Considerations*) y B (*Single-Phase Liquid Flow*).
- c. DP XXV *Fuel Systems*.

20. ExxonMobil *Global Practices*:

- a. GP 03-06-02 *Piping at Protective and Control Systems*
- b. GP 15-09-01 *Control Valves*

## **Reflexiones**

En general, el proceso vivido desde el estudio de los problemas particulares que se ha abordado hasta la implementación de los resultados prácticos obtenidos ha sido provechoso tanto para la compañía por los beneficios obtenidos, como para el autor de este documento por la oportunidad de crecimiento personal y profesional que le han sido brindadas.

El desarrollo de este trabajo incluye todo un proceso de documentación, proyección de las propuestas prácticas y recursos (modificaciones físicas a las instalaciones en planta, cambios en la operación de los equipos, etc.), revisión, evaluación y aprobación por parte del personal calificado y la gerencia del sitio, tanto en aspectos elementales como es lo relativo a los aspectos de seguridad inherentes a los cambios propuestos como en detalles técnicos específicos para las disciplinas de trabajo involucradas en cada actividad. Este proceso, conocido como “manejo del cambio” es una filosofía de trabajo sumamente importante para garantizar la integridad en las operaciones del sitio, y es también la base para los trabajos de ingeniería que se presentan en este documento.

Una parte no menos importante del proceso de manejo del cambio han sido las referencias continuas a los estándares de ingeniería de la industria global aplicables al contexto de las operaciones de la Refinería Managua. La información contenida tanto en las guías de diseño de la compañía como en los documentos de instituciones profesionales de alcance y aplicabilidad indiscutibles, en conjunto con las discusiones con el personal en el sitio, han brindado los criterios esenciales sobre los cuales se ha tomado las decisiones que se comentan en cada uno de los reportes técnicos.

Se espera que este trabajo sirva de referencia práctica para ejercicios futuros en ingeniería aplicada, en particular Ingeniería Química aplicada a situaciones y problemas reales de la industria nacional.

# **ANEXOS**



# ANEXO 1

Toda la información contenida en este anexo se refiere al Reporte Técnico N° 1: *Diseño de Línea Alterna de Succión de Bombas en Sistema de Vapor de Utilidades de la Refinería Managua (ESSO Estándar Oil Ltda. de Nicaragua)*.

1A. Diagrama de Instrumentación y Tuberías (P&ID): D-112, P-115 y Ps-106 (original).

1B. Diagrama de Instrumentación y Tuberías (P&ID): D-112, P-115 y Ps-106 (modificado).

1C. Isométrico: línea de succión P-115 y Ps-106 (original).

1D. Isométrico: línea de succión P-115 y Ps-106 (modificado).

1E. Hoja de cálculo: cálculo de espesor de tubería.

1F. Reporte de simulación: cálculo de caídas de presión (sección P-115).

1G. Reporte de simulación: cálculo de caídas de presión (sección Ps-106).

1H. Reporte de simulación de propiedades del fluido.

1I. Hoja de especificaciones de fábrica: P-115.

1J. Hoja de especificaciones de fábrica: Ps-106.

1K. Hoja de cálculo: cálculo de NPSH con la nueva línea de succión (P-115).

1L. Hoja de cálculo: cálculo de NPSH con la nueva línea de succión (Ps-106).

1M. Listado de materiales y estimación de costos.

# ANEXO 2

Toda la información contenida en este anexo se refiere al Reporte Técnico N° 2: *Revisión de hidráulica en la línea de Diesel a tanques para proyecto de expansión del sistema en la Refinería Managua (ESSO Estándar Oil Ltda. de Nicaragua).*

2A. Diagrama de Flujo Simplificado: sistema de Diesel a tanques.

2B. Hojas de especificación de fábrica: P-146 A/B.

2C. Tabla de  $C_v$  de válvulas de control Masoneilan modelo Camflex II.

2D. Hoja de cálculo: balance de presiones.

# ANEXO 3

Toda la información contenida en este anexo se refiere al Reporte Técnico N° 3: *Diseño de reemplazo para la válvula de control de presión del Fuel Oil (bunker) usado como combustible en hornos de proceso de la Refinería Managua (ESSO Estándar Oil Ltda. de Nicaragua).*

3A. Diagrama de Instrumentación y Tuberías (P&ID): PV-116 y sistema de fuel oil a hornos (original).

3B. Diagrama de Instrumentación y Tuberías (P&ID): PV-116 y sistema de fuel oil a hornos (modificado).

3C. Isométrico: sección de tubería de PV-116 (original).

3D. Isométrico: sección de tubería de PV-116 (modificado),

3E. Isométrico: propuesta de modificación e instalación de accesorios y utilidades.

3F. Curva característica de fábrica: P-121 A/B.

3G. Hoja de especificación de fábrica: PV-116 actual.

3H. Memoria de diseño: escenarios de flujo y presión.

3I. Listado de materiales y especificación de costos.

3J. Tabla de Cv de válvulas de control Fisher EZ Micro Form.

3K. Hoja de especificación de válvula de control (general).

3L. Reporte de especificación y dimensionamiento de válvula de control del software Fisher Firstvue.

3M. Reportes de simulación: cálculo de caídas de presión.

3N. Reporte de simulación de propiedades del fluido.

3O. Reporte de simulación: hoja de verificación de diámetro de tubería.

3P. Hoja de cálculo: cálculo de espesor de tubería.

3Q. Hoja de cálculo: verificación de espesor de aislamiento térmico.

# ANEXO 1E: Cálculo de Espesor de Tubería.

## Pipe Wall Thickness Calculations

Line/Service	Nueva Succión P-115, Ps-106	Date	
Project	Línea alterna de succión	Drawing	

- Notes: \_\_\_\_\_

### Calculation Blocks

Pipe Material:	Carbon Steel ASTM A-106 Grade B
Design Temperature, °F:	330
Selected Pipe NPS:	NPS 4

### Input Block

Variable	Nomenclature	Value	Source
P	Design Pressure, Psi	146	Process Design
D	Pipe Outside Diameter, in	4.5	From NPS Pipe Tables
S	Allowable Stress for Material @ Temp., psi	20,000	ASME B31.3 Apx. A
c	Total Allowance, in	0.125	MANREF's Standard
E	ASME Longitudinal Weld Factor	1	ASME B31.3 Table A-1B
W	Weld Joint Strength Reduction Factor	1	ASME B31.3, para. 302.3.5(e)
Y	ASME Coefficient	0.4	ASME B31.3, Table 304.1.1

### Output Block

Variable	Nomenclature	Value
t	Minimum Pressure Design Thickness, in	0.016
tm	Nominal Design Thickness, in	0.141
tn	Required Wall Thickness, in	0.162

### Selection Block

Selected Pipe Schedule:	Sch 40/ STD
Selected Pipe Schedule Wall Thickness, in:	0.237
Extra Wall Thickness (Selected - Required), in:	0.075

### General Notes:

- Blue letter indicates a calculated value.

- Red Background indicates an alert.

- Light Green Background indicates acceptable values.

For equation details, see DP XIV-B and ASME B31.3

## ANEXO 1F: CÁLCULO DE CAÍDAS DE PRESIÓN (SECCIÓN P-115)

### Fittings Report

Fitting Summary Data

=====

Forward Calculation Mode - Inlet Conditions Specified

Fitting Name	Outlet Diameter in	Inlet Flow lb/h	K	Outlet Density lb/ft3	Outlet Velocity ft/s	Inlet Temperature degF	Friction Factor
1. Pipeline Entrance - Sharp-Edged 4.026 in	4.026	40000.0	0.5	56.38	2.237		0.0041
2. Straight Pipe 7.5 ft Down	4.026	40000.0	0.3931	56.38	2.237		0.0044
3. Elbow - 45 Degree Long Radius	4.026	40000.0	0.1819	56.38	2.237		0.0041
4. Straight Pipe 4.25 ft Horiz	4.026	40000.0	0.2228	56.38	2.237		0.0044
5. Elbow - 90 Degree Long Radius	4.026	40000.0	0.2119	56.38	2.237		0.0041
6. Straight Pipe 7.5 ft Horiz	4.026	40000.0	0.3931	56.38	2.237		0.0044
7. Blanked-off Tee Branch Flow	4.026	40000.0	0.6522	56.38	2.237		0.0041
8. Straight Pipe 2.0 ft Horiz	4.026	40000.0	0.1048	56.38	2.237		0.0044
9. Elbow - 90 Degree Long Radius	4.026	40000.0	0.2119	56.38	2.237		0.0041
10. Straight Pipe 2.17 ft Down	4.026	40000.0	0.1137	56.38	2.237		0.0044
11. Gate Valve - Disc Type	4.026	40000.0	0.2117	56.38	2.237		0.0041
12. Fixed PDrop - Strainer	4.026	40000.0		56.38	2.237		0.0041
13. Straight Pipe 2.7 ft Down	4.026	40000.0	0.1415	56.38	2.237		0.0044
14. Elbow - 90 Degree Long Radius	4.026	40000.0	0.2119	56.38	2.237		0.0041
15. Straight Pipe 3.0 ft Horiz	4.026	40000.0	0.1573	56.38	2.237		0.0044
16. Elbow - 90 Degree Long Radius	4.026	40000.0	0.2119	56.38	2.237		0.0041
17. Straight Pipe 1.8 ft Horiz	4.026	40000.0	0.0944	56.38	2.237		0.0044
18. Reducer 21.0 deg >2.469 in	2.469	40000.0	0.091	56.38	5.948		0.0046

Fitting Name	Inlet Pressure psia	Outlet Pressure psia	Total PDrop psi	Friction PDrop psi	Accel. PDrop psi	Elevation PDrop psi
1. Pipeline Entrance - Sharp-Edged 4.026 in	100.0	99.95	0.0486	0.0151	0.0335	0.0
2. Straight Pipe 7.5 ft Down	99.95	102.9	-2.925	0.0119	0.0	-2.936
3. Elbow - 45 Degree Long Radius	102.9	102.9	0.0055	0.0055	0.0	0.0
4. Straight Pipe 4.25 ft Horiz	102.9	102.9	0.0067	0.0067	0.0	0.0
5. Elbow - 90 Degree Long Radius	102.9	102.9	0.0064	0.0064	0.0	0.0
6. Straight Pipe 7.5 ft Horiz	102.9	102.8	0.0119	0.0119	0.0	0.0
7. Blanked-off Tee Branch Flow	102.8	102.8	0.0197	0.0197	0.0	0.0
8. Straight Pipe 2.0 ft Horiz	102.8	102.8	0.0032	0.0032	0.0	0.0
9. Elbow - 90 Degree Long Radius	102.8	102.8	0.0064	0.0064	0.0	0.0
10. Straight Pipe 2.17 ft Down	102.8	103.7	-0.8462	0.0034	0.0	-0.8496
11. Gate Valve - Disc Type	103.7	103.7	0.0064	0.0064	0.0	0.0
12. Fixed PDrop - Strainer	103.7	102.7	1.0	1.0	0.0	0.0
13. Straight Pipe 2.7 ft Down	102.7	103.7	-1.053	0.0043	0.0	-1.057
14. Elbow - 90 Degree Long Radius	103.7	103.7	0.0064	0.0064	0.0	0.0
15. Straight Pipe 3.0 ft Horiz	103.7	103.7	0.0048	0.0048	0.0	0.0
16. Elbow - 90 Degree Long Radius	103.7	103.7	0.0064	0.0064	0.0	0.0
17. Straight Pipe 1.8 ft Horiz	103.7	103.7	0.0029	0.0029	0.0	0.0
18. Reducer 21.0 deg >2.469 in	103.7	103.5	0.2228	0.0194	0.2033	0.0

## Fittings Report

Total Pressure Drop: -3.466 psi  
Total Friction Pressure Drop: 1.141 psi  
Total Acceleration Pressure Drop: 0.2368 psi  
Total Elevation Pressure Drop: -4.843 psi

Inlet Reynolds Number: 0.0

### Notes:

1. Pressure Recovery always calculated for Flow Meters.
2. Reducer Fitting based on CRANE, not on Exxon DPs.

---

### Process Data

=====

Minimum Outlet Pressure 14.7 psia  
Maximum Inlet Pressure 5000.0 psia

Temperature degF  
Pressure 100.0 psia  
Wt. Fraction Vapor 0.0

Property	Total	Liquid	Vapor	Water
Mass Flow (lb/h)	40000.0	40000.0	0.0	0.0
Molecular Weight	0.0			0.0
Enthalpy (Btu/lb)	0.0			0.0
Density (lb/ft3)	0.0	56.38		0.0
Specific Gravity @STP				0.0
Compressibility (Z)				0.0
Heat Capacity (Btu/lb.F)				0.0
Dynamic Viscosity (cP)		0.1635		0.0
Kinematic Viscosity (cSt)				0.0
Thermal Conductivity (Btu/h.ft.F)				0.0
Surface Tension (dyn/cm)				
Cp/Cv (actual)			0.0	
Cp/Cv (ideal)				
Saturation Pressure (psia)				

---

### Case Notes

-----

Línea alterna de succión P-115: NPS 4 Sch.40



## ANEXO 1G: CÁLCULO DE CAÍDAS DE PRESIÓN (SECCIÓN PS-106)

### Fittings Report

#### Fitting Summary Data

=====

Forward Calculation Mode - Inlet Conditions Specified

Fitting Name	Outlet Diameter in	Inlet Flow lb/h	K	Outlet Density lb/ft3	Outlet Velocity ft/s	Inlet Temperature degF	Friction Factor
1. Pipeline Entrance - Sharp-Edged 4.026 in	4.026	40000.0	0.5	56.38	2.237		0.0041
2. Straight Pipe 7.5 ft Down	4.026	40000.0	0.3931	56.38	2.237		0.0044
3. Elbow - 45 Degree Long Radius	4.026	40000.0	0.1819	56.38	2.237		0.0041
4. Straight Pipe 4.25 ft Horiz	4.026	40000.0	0.2228	56.38	2.237		0.0044
5. Elbow - 90 Degree Long Radius	4.026	40000.0	0.2119	56.38	2.237		0.0041
6. Straight Pipe 7.5 ft Horiz	4.026	40000.0	0.3931	56.38	2.237		0.0044
7. Blanked-off Tee Line Flow	4.026	40000.0	0.1373	56.38	2.237		0.0041
8. Straight Pipe 9.17 ft Horiz	4.026	40000.0	0.4807	56.38	2.237		0.0044
9. Elbow - 90 Degree Long Radius	4.026	40000.0	0.2119	56.38	2.237		0.0041
10. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	4.026	40000.0	0.0524	56.38	2.237		0.0044
11. Elbow - 90 Degree Long Radius	4.026	40000.0	0.2119	56.38	2.237		0.0041
12. Straight Pipe 2.17 ft Down	4.026	40000.0	0.1137	56.38	2.237		0.0044
13. Gate Valve - Disc Type	4.026	40000.0	0.2117	56.38	2.237		0.0041
14. Fixed PDrop - Strainer	4.026	40000.0		56.38	2.237		0.0041
15. Straight Pipe 2.7 ft Down	4.026	40000.0	0.1415	56.38	2.237		0.0044
16. Elbow - 90 Degree Long Radius	4.026	40000.0	0.2119	56.38	2.237		0.0041
17. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	4.026	40000.0	0.0524	56.38	2.237		0.0044
18. Blanked-off Tee Line Flow	4.026	40000.0	0.1373	56.38	2.237		0.0041
19. Straight Pipe 1.8 ft Horiz	4.026	40000.0	0.0944	56.38	2.237		0.0044
20. Reducer 21.0 deg >2.469 in	2.469	40000.0	0.091	56.38	5.948		0.0046

Fitting Name	Inlet Pressure psia	Outlet Pressure psia	Total PDrop psi	Friction PDrop psi	Accel. PDrop psi	Elevation PDrop psi
1. Pipeline Entrance - Sharp-Edged 4.026 in	100.0	99.95	0.0486	0.0151	0.0335	0.0
2. Straight Pipe 7.5 ft Down	99.95	102.9	-2.925	0.0119	0.0	-2.936
3. Elbow - 45 Degree Long Radius	102.9	102.9	0.0055	0.0055	0.0	0.0
4. Straight Pipe 4.25 ft Horiz	102.9	102.9	0.0067	0.0067	0.0	0.0
5. Elbow - 90 Degree Long Radius	102.9	102.9	0.0064	0.0064	0.0	0.0
6. Straight Pipe 7.5 ft Horiz	102.9	102.8	0.0119	0.0119	0.0	0.0
7. Blanked-off Tee Line Flow	102.8	102.8	0.0042	0.0042	0.0	0.0
8. Straight Pipe 9.17 ft Horiz	102.8	102.8	0.0145	0.0145	0.0	0.0
9. Elbow - 90 Degree Long Radius	102.8	102.8	0.0064	0.0064	0.0	0.0
10. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	102.8	102.8	0.0016	0.0016	0.0	0.0
11. Elbow - 90 Degree Long Radius	102.8	102.8	0.0064	0.0064	0.0	0.0
12. Straight Pipe 2.17 ft Down	102.8	103.7	-0.8462	0.0034	0.0	-0.8496
13. Gate Valve - Disc Type	103.7	103.7	0.0064	0.0064	0.0	0.0
14. Fixed PDrop - Strainer	103.7	102.7	1.0	1.0	0.0	0.0
15. Straight Pipe 2.7 ft Down	102.7	103.7	-1.053	0.0043	0.0	-1.057
16. Elbow - 90 Degree Long Radius	103.7	103.7	0.0064	0.0064	0.0	0.0
17. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	103.7	103.7	0.0016	0.0016	0.0	0.0
18. Blanked-off Tee Line Flow	103.7	103.7	0.0042	0.0042	0.0	0.0
19. Straight Pipe 1.8 ft Horiz	103.7	103.7	0.0029	0.0029	0.0	0.0



## Fittings Report

20. Reducer 21.0 deg >2.469 in 103.7 103.5 0.2228 0.0194 0.2033 0.0

Total Pressure Drop: -3.467 psi  
Total Friction Pressure Drop: 1.139 psi  
Total Acceleration Pressure Drop: 0.2368 psi  
Total Elevation Pressure Drop: -4.843 psi

Inlet Reynolds Number: 0.0

### Notes:

1. Pressure Recovery always calculated for Flow Meters.
2. Reducer Fitting based on CRANE, not on Exxon DPs.

### Process Data

=====

Minimum Outlet Pressure 14.7 psia  
Maximum Inlet Pressure 5000.0 psia

Temperature degF  
Pressure 100.0 psia  
Wt. Fraction Vapor 0.0

Property	Total	Liquid	Vapor	Water
Mass Flow (lb/h)	40000.0	40000.0	0.0	0.0
Molecular Weight	0.0			0.0
Enthalpy (Btu/lb)	0.0			0.0
Density (lb/ft3)	0.0	56.38		0.0
Specific Gravity @STP				0.0
Compressibility (Z)				0.0
Heat Capacity (Btu/lb.F)				0.0
Dynamic Viscosity (cP)		0.1635		0.0
Kinematic Viscosity (cSt)				0.0
Thermal Conductivity (Btu/h.ft.F)				0.0
Surface Tension (dyn/cm)				
Cp/Cv (actual)				
Cp/Cv (ideal)			0.0	
Saturation Pressure (psia)				

### Case Notes

-----

Línea alterna de succión Ps-106: NPS 4 Sch.40

## ***ANEXO 1H: Reporte de Simulación de Propiedades del Fluido***

```
$ Generated by PRO/II Keyword Generation System <version 8.1>
$ Generated on: May 03 13:39:25 2011
TITLE
  SEQUENCE SIMSCI
COMPONENT DATA
  LIBID 1,H2O, BANK=SIMSCI,PROCESS
  ASSAY CONVERSION=API94, CURVEFIT=IMPROVED, KVRECONCILE=TAILS
THERMODYNAMIC DATA
  METHOD SYSTEM=UNIQ, SET=UNIQ01, DEFAULT
STREAM DATA
  PROPERTY STREAM=S1, TEMPERATURE=330, PRESSURE=160, PHASE=M, &
    RATE(WT)=40000, COMPOSITION(M)=1,1
UNIT OPERATIONS
$ *** NO UNITS ***
END
```

SIMULATION SCIENCES INC.

R

PAGE P-3

PROJECT

PRO/II VERSION 8.1 ELEC V6.6

PROBLEM

OUTPUT

STREAM SUMMARY

09/03/12

=====

STREAM ID	S1
NAME	
PHASE	LIQUID
THERMO ID	UNIQU01

----- TOTAL STREAM -----	
RATE, LB-MOL/HR	2220.337
M LB/HR	40.000
STD LIQ RATE, FT3/HR	641.369
TEMPERATURE, F	330.000
PRESSURE, PSIA	160.000
MOLECULAR WEIGHT	18.015
ENTHALPY, MM BTU/HR	12.031
BTU/LB	300.765
MOLE FRACTION LIQUID	1.0000
REDUCED TEMP (KAYS RULE)	0.6779
PRES (KAYS RULE)	0.0500
ACENTRIC FACTOR	0.3449
WATSON K (UOPK)	8.758
STD LIQ DENSITY, LB/FT3	62.366
SPECIFIC GRAVITY	1.0000
API GRAVITY	10.000

----- LIQUID -----	
RATE, LB-MOL/HR	2220.337
M LB/HR	40.000
FT3/HR	709.211
GAL/MIN	88.421
STD LIQ RATE, FT3/HR	641.369
SPECIFIC GRAVITY (H2O=1.0)	1.0000
MOLECULAR WEIGHT	18.015
ENTHALPY, BTU/LB	300.765
CP, BTU/LB-F	1.039
DENSITY, LB/FT3	56.400
Z (FROM DENSITY)	6.0307E-03
SURFACE TENSION, DYNE/CM	45.0839
THERMAL COND, BTU/HR-FT-F	0.39418
VISCOSITY, CP	0.16188

# ANEXO 11: HOJA DE ESPECIFICACIONES DE FÁBRICA (P-115)

STANDARD DATA SHEET FOR RIFUGAL PUMPS

REQUISITIC. INQUIRY NO. 7-42-P-1

APPLICABLE TO (PROPOSALS) (PURCHASE X) (AS BUILT) DATED 7-30-68

FORESSO STANDARD OIL, S.A. ITEM NO. 11-1523

SITEMANAGUA, NICARAGUA UNIT

SERVICE STEAM DRUM CIRCULATION MOTOR DRIVE YES TURBINE DRIVE

PUMP MFR INGERSOLL-RAND SIZE AND TYPE 1 1/2 X 8A NO. REQ'D 1

**OPERATING CONDITIONS, EACH PUMP**

LIQUID WATER U.S. gpm at PT. NOR. 72 RATED 80

PT. F. 358 DISCH. PRESS., psig 175

SP GR at PT. 0.887 SUCT. PRESS., psig MAX 140 RATED 140

VAP. PRESS. at PT., psia DIFF. PRESS., psi 35

VIS at PT., Ssu DIFF. HEAD, ft 100

CORR/EROS. caused by NPSH AVAIL., ft 18.7

**PERFORMANCE**

PROPOSAL CURVE NO. 1 1/2 X 8-B

NPSH REQ'D (WATER), ft 5

NO. OF STAGES 1 RPM 3500

DES. EFF. 730 BHP 4.9

MAX BHP RATED IMP. 6.8

MAX HEAD RATED IMP., ft 120

MIN CONTINUOUS, gpm (BY MFR)

ROTATION FACING COUPLING END CCW

WATER COOLING YES

BEARINGS YES

STUFF. BOX YES

PEDESTAL

GLAND

TOTAL WATER REQ'D, gpm 4-5

PACKING COOLING

FLUSHING

SEAL FLUSHING PLAN NO. PLAN C - SCH. 80

PIPING WITH ORIFICE & COOLER\*

AUX PIPING BY MFR\*\*

COOLING WATER X TUBING PIPE

SEAL FLUSH X TUBING PIPE

**CONSTRUCTION AND MATERIALS**

CASING-MOUNTING (CENTERLINE X) (FOOT) (BRACKET) (VERTICAL)

SPLIT (AXIAL) (RADIAL X)

TYPE (SINGLE VOLUTE X) (DOUBLE VOLUTE) (DIFFUSER)

TAPPED OPENINGS (VENT) (DRAIN) (GAGE CONNS)

NOZZLES SIZE ASA RATING FACING POSITION

SUCTION 2 1/2 300 RF END

DISCHARGE 1 1/2 300 RF TOP

IMPELLER DIAM. RATED 5 1/2 MAX 8-7/16 TYPE CLOSED

MFR'S BEARING NO. RADIAL 5308 THRUST 7309DB

COUPLING and GUARD: MFR FAST SPCR. W/GUARD DRIVER HALF MTD BY

PACKING: MFR and TYPE SIZE NO. OF RINGS

MECH SEAL: MFR and MODEL JOHN CRANE 9BT CLASS. CODE QP-1D1

FOR VERTICAL PUMPS: SHAFT THRUST (UP) (DOWN)

BASEPLATE FAB. STEEL

MATERIAL CODE-EXTERNAL CASING S INTERNAL PARTS S

I-CAST IRON

B-BRONZE

S-STEEL

O-11-13% CHROME

A-ALLOY

H-HARDENED

F-FACED

X-

INTERNALS CODE

IMPELLER

INNER CASE PARTS

SLEEVE (PACKED)

SLEEVE (SEAL)

WEAR PARTS

SHAFT

\*\*\*COL. E

**MOTOR DRIVER BY I-R**

ITEM NO. MTD BY I-R

HP 171 RPM 3600 FRAME 213T

MFR. FA. WEST. OR

TYPE 17012 INSUL B

ENG. TEC TEMP RISE C 75

VOLTS/PHASE/CYCLES 460-3-60

BEARINGS BALL LUBE ESCASE

FULL LOAD AMPS 7.5

**TURBINE DRIVER BY**

ITEM NO. MTD BY

HP RPM MAT'L

MFR and TYPE

INLET STEAM, psig TEMP F

EXHAUST, psig CW REQ'D, gpm

STEAM RATE, FL lb/BHP/HR

BEARINGS LUBE

NOZZLES SIZE ASA RATING FACING POSITION

INLET

EXHAUST

**MFR FINAL DATA (AS BUILT)**

ACTUAL IMPELLER DIAM

TEST CURVE NO.

OUTLINE DWG NO.

PUMP SECT. DWG NO.

SEAL DIAM DWG NO.

PUMP SERIAL NO.

WR CLEARANCE, DIAM

(MECH SEAL) (PACKING) SHIPPED

INSTALLED BOXED SEPARATELY

API STD 610 GOVERNS UNLESS OTHERWISE STATD.

\*COOLER TO BE FURNISHED WITH 304 SS TUBES.

\*\*WATER PIPING TO BEARINGS & STUFFING BOX.



# ANEXO 1J: HOJA DE ESPECIFICACIONES DE FÁBRICA (PS-106)

STANDARD DATA SHEET FOR CENTRIFUGAL PUMPS

PURCHASE ORDER NO. 13-462

REQUISITION NO. 2-P-1

INQUIRY NO. PC 2-P-1

APPLICABLE TO (PROPOSALS ) (PURCHASE ☒ ) (AS BUILT ) DATED 7/30/68

FOR ESSO STANDARD OIL, S.A. ITEM NO. 11-1522 **13-106**

SITE MANAGUA, NICARAGUA UNIT

SERVICE SPARE FOR 11-1521 & 11-1523 MOTOR DRIVE YES TURBINE DRIVE

PUMP MFR INGERSOLL-RAND CO. SIZE AND TYPE 1 1/2 X 8A NO. REQ'D 1

OPERATING CONDITIONS, EACH PUMP				PERFORMANCE			
LIQUID <u>WATER</u>	U.S. gpm at PT, NOR.	RATED <u>60-80</u>	PROPOSAL CURVE NO. <u>1 1/2 X 8 - B</u>				
PT, F. <u>110-358</u>	DISCH PRESS., psig	<u>175</u>	NPSH REQ'D (WATER), ft. <u>5</u>				
SP GR at PT. <u>0.995-0.887</u>	SUCT PRESS., psig MAX	RATED <u>60-140</u>	NO. OF STAGES <u>1</u> RPM <u>3500</u>				
VAP PRESS. at PT, psia	DIFF PRESS., psi	<u>115-35</u>	DES EFF <u>36</u> BHP <u>11.6</u>				
VIS at PT, Ssu	DIFF HEAD, ft.	<u>277-90</u>	MAX BHP RATED IMP. <u>15</u>				
CORR/EROS. caused by	NPSH AVAIL., ft.	<u>18.7</u>	MAX HEAD RATED IMP, ft. <u>300</u>				
MIN CONTINUOUS, gpm (BY MFR)							
ROTATION FACING COUPLING END <u>CCW</u>							
WATER COOLING <u>YES</u>							
BEARINGS <u>YES</u>							
STUFF. BOX <u>YES</u>							
PEDESTAL							
GLAND							
TOTAL WATER REQ'D, gpm <u>4-5</u>							
PACKING COOLING							
FLUSHING							
SEAL FLUSHING PLAN NO. <u>PLAN C - SCH. 80</u>							
<u>PIPING WITH ORIFICE &amp; COOLER*</u>							
AUX PIPING BY MFR**							
COOLING WATER <input type="checkbox"/> TUBING <input type="checkbox"/> PIPE							
SEAL FLUSH <input type="checkbox"/> TUBING <input type="checkbox"/> PIPE							
SHOP TESTS REQUIRED WITNESSED							
RUNNING PERF NO NO							
NPSH NO NO							
DISASSEMBLY							
HYDROSTATIC <u>1200</u> PSIG							
MAX ALLOW., CASE WP <u>600</u> PSIG <u>650</u> F							
WEIGHTS: PUMP <u>525</u> BASE <u>INCL.</u>							
MOTOR <u>252</u> TURBINE							

CONSTRUCTION AND MATERIALS

CASING-MOUNTING (CENTERLINE ☒ ) (FOOT ) (BRACKET ) (VERTICAL )

SPLIT (AXIAL ) (RADIAL ☒ )

TYPE (SINGLE VOLUTE ☒ ) (DOUBLE VOLUTE ) (DIFFUSER )

TAPPED OPENINGS (VENT ☒ ) (DRAIN ☒ ) (GAGE CONNS ☒ )

NOZZLES	SIZE	ASA RATING	FACING	POSITION
SUCTION	<u>2 1/2</u>	<u>300</u>	<u>RF</u>	<u>END</u>
DISCHARGE	<u>1 1/2</u>	<u>300</u>	<u>RF</u>	<u>TOP</u>

IMPELLER DIAM RATED 8 MAX 8-7/16 TYPE CLOSED

MFR'S BEARING NO. RADIAL 5308 W/GUARD THRUST 7309DB

COUPLING AND GUARD: MFR FAST SPCR. DRIVER HALF MTD BY

☐ PACKING: MFR and TYPE SIZE NO. OF RINGS

☐ MECH SEAL: MFR and MODEL JOHN CRANE 9BT CLASS CODE QP-1D1

FOR VERTICAL PUMPS: SHAFT THRUST (UP) (DOWN)

BASEPLATE FAB. STEEL col de

MATERIAL CODE-EXTERNAL CASING S INTERNAL PARTS I

I-CAST IRON	INTERNALS CODE	I	B	S	C	X
B-BRONZE	IMPELLER	I	B	S	C	
S-STEEL	INNER CASE PARTS	I	I	S	C	
C-11-13% CHROME	SLEEVE (PACKED)	Ch	Ch	AI	AI	
A-ALLOY	SLEEVE (SEAL)	C	C	C	C	
b-HARDENED	WEAR PARTS	I	B	Ch	Ch	
f-FACED	SHAFT	S	S	S	S	

MOTOR DRIVER BY <u>I-R</u>		TURBINE DRIVER BY		MFR FINAL DATA (AS BUILT)	
ITEM NO. <u>MTD BY I-R</u>	ITEM NO. <u>MTD BY</u>	ACTUAL IMPELLER DIAM			
HP <u>15</u> RPM <u>3500</u> FRAME <u>254T</u>	HP <u>MTD BY</u> RPM <u>MAT'L</u>	TEST CURVE NO.			
MFR <u>WEST. OR</u>	MFR and TYPE	OUTLINE DWG NO.			
TYPE <u>HERTZ</u> INSUL <u>B</u>	INLET STEAM, psig <u>TEMP F</u>	PUMP SECT. DWG NO.			
ENC <u>TEFC</u> TEMP RISE C <u>75</u>	EXHAUST, psig <u>CW REQ'D, gpm</u>	SEAL DIAM DWG NO.			
VOLTS/PHASE/CYCLES <u>460-3-60</u>	STEAM RATE, FL <u>lb/BHP/HR</u>	PUMP SERIAL NO.			
BEARINGS <u>Ball</u> LUBE <u>Grease</u>	BEARINGS <u>LUBE</u>	WR CLEARANCE, DIAM			
FULL LOAD AMPS <u>1.5</u>	NOZZLES SIZE ASA RATING FACING POSITION	(MECH SEAL) (PACKING) SHIPPED			
	INLET	<input type="checkbox"/> INSTALLED <input type="checkbox"/> BOXED SEPARATELY			
	EXHAUST				

API STD C10 GOVERNS UNLESS OTHERWISE STATED.

\*COOLER TO BE FURNISHED WITH 304 S.S. TUBES.

\*\*WATER PIPING TO BEARINGS AND STUFFING BOX.

## ANEXO 1K: Cálculo de NPSH con la Nueva Línea de Succión (P-115)

### NPSH Calculations

Pump:	P-115	Date:	
Fluid:	Water	Drawing:	

**Notes:** 1. Se asume presión de vapor = presión del tanque. 2. El mínimo nivel operativo se obtiene de la alarma de bajo nivel. 3. Se trata de una bomba centrífuga.

#### Input Block

#### Process Data

Fluid Conditions		Vessel and Piping	
Temperature, °F	330.00	Atmospheric Vessel?	no
Specific Gravity	0.903	Min. Operative Level, ft	1.90
Flow Rate	40 GPM	Vessel Height, ft	10.00
Vapor Pressure, psia	103.00	Vessel Pressure, psia	160.70
Vapor Pressure, ft	263.49	Vessel Pressure, ft	411.09
		Line Pressure Drop, psi	1.38
		Line Losses, ft	3.52

#### Pump Data

Pump Serial N°	N/A	Safety Factor	1.1
Pump Datasheet Date	N/A		
NPSH Required	5.00		

#### Output Block

Parameters		Results	
hp	411.09	NPSHa	8.38
hvpa	411.09	NPSHa (net)	7.61
hst	11.90		
hfs	3.52		
ha	0.00	NPSHa-NPSHr	3.38

#### General Notes:

- Blue letter indicates a calculated value.
- Green letter indicates values obtained from DP X-D or pump datasheet
- Red Background indicates an alert.
- Green Background indicates acceptable values.

For equation and safety factor details, see DP X-D

OK

## ANEXO 1L: Cálculo de NPSH con la Nueva Línea de Succión (PS-106)

### NPSH Calculations

Pump:	Ps-106	Date:	
Fluid:	Water	Drawing:	

**Notes:** 1. Se asume presión de vapor = presión del tanque. 2. El mínimo nivel operativo se obtiene de la alarma de bajo nivel. 3. Se trata de una bomba centrífuga.

#### Input Block

#### Process Data

Fluid Conditions		Vessel and Piping	
Temperature, °F	330.00	Atmospheric Vessel?	no
Specific Gravity	0.903	Min. Operative Level, ft	1.90
Flow Rate	40 GPM	Vessel Height, ft	10.00
Vapor Pressure, psia	103.00	Vessel Pressure, psia	160.70
Vapor Pressure, ft	263.49	Vessel Pressure, ft	411.09
		Line Pressure Drop, psi	1.38
		Line Losses, ft	3.52

#### Pump Data

Pump Serial N°	N/A	Safety Factor	1.1
Pump Datasheet Date	N/A		
NPSH Required	5.00		

#### Output Block

Parameters		Results	
hp	411.09	NPSHa	8.38
hvpa	411.09	NPSHa (net)	7.62
hst	11.90		
hfs	3.52		
ha	0.00		
		NPSHa-NPSHr	3.38

#### General Notes:

- Blue letter indicates a calculated value.
- Green letter indicates values obtained from DP X-D or pump datasheet
- Red Background indicates an alert.
- Green Background indicates acceptable values.

For equation and safety factor details, see DP X-D

OK

## ANEXO 1M: Listado de Materiales

MATERIALES LINEA ALTERNA DE SUCCIÓN P-115, PS-106					
Trabajos Mecánicos					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad de Medida	Precio Unit. (USD)	Total (USD)
1	<b>Size NPS 4", Pipe, Carbon steel</b> , Seamless, Sch. 40, A106 Gr. B, Plain Ends. Must be supplied from latest AML List (no exceptions allows). Must provide Mill Certificate	50	Ft	35.03	1751.5
2	<b>Size NPS 4", Weld neck, Flanges Carbon Steel</b> ASME Class 150, RF, A 105, std. pipe. Must be supplied from latest AML List (no exceptions allows)	4	Ea	38.71	154.84
3	<b>Size NPS 4", Valve, Gate</b> , API 600 Class 150, RF, carbon steel body and bonnet, ASTM A216 WCB, bolted bonnet with A-193 Gr. B7 studs and A-194 Gr. 2H nuts, flexible wedge, OS&Y, API Trim No. 8, spiral wound SS, flexible graphite filled bonnet gasket. Flexible graphite shall be 95% pure carbon and have nominal density of 70 lb/ft³. Must be supplied from latest AML List (no exceptions allows)	2	Ea	788.52	1577.04
4	<b>NPS 4", Class 150, Spiral Wound Gasket</b> , Type 304 SS windings, flexible graphite filled per ASME B16.20, carbon steel centering ring. Type 304SS Inner Ring. Flexible graphite shall contain a minimum of 95% pure carbon and have a nominal density of 70 lb/ft³.	8	Ea	8.94	71.52
5	<b>NPS 2 1/2", Class 300, Spiral Wound Gasket</b> , Type 304 SS windings, flexible graphite filled per ASME B16.20, carbon steel centering ring. Type 304SS Inner Ring. Flexible graphite shall contain a minimum of 95% pure carbon and have a nominal density of 70 lb/ft³.	2	Ea	9.33	18.66
6	<b>ELBOW PIPE, 90, SIZE 4"</b> : Elbow, 90 Degrees, LR. Butt Welded, ASME B16.9, Carbon Steel, Std., A-234 Gr. WPB. Must be supplied from latest AML List (no exceptions allows)	8	Ea	38.05	304.4
7	<b>TEE, SIZE 4"</b> : Tee, Straight, Butt Welded, ASME B16.9, Carbon Steel, Std, A-234 Gr. WPB. Must be supplied from latest AML List (no exceptions allows)	2	Ea	77.16	154.32
8	<b>STUDS BOLTS 5/8" UNC-2A x 4 1/2"</b> : (does not include the height of the points) Stud bolt; alloy steel, meeting all requirements of ASTM A 193 Grade B16, Class 2 with two(2) Nut; heavy hex; carbon steel, meeting all requirements of ASTM A 194 Grade 2H. Threads per ASME B1.1 (Unified Inch Screw Threads). Must provide Mill Certificate.	64	Ea	2.16	138.24
9	<b>STUDS BOLTS 3/4" UNC-2A x 5"</b> : (does not include the height of the points) Stud bolt; alloy steel, meeting all requirements of ASTM A 193 Grade B16, Class 2 with two(2) Nut; heavy hex; carbon steel, meeting all requirements of ASTM A 194 Grade 2H. Threads per ASME B1.1 (Unified Inch Screw Threads). Must provide Mill Certificate.	16	Ea	3.49	55.84
10	<b>ASME SFA-5.1 CLASS E7018 H4R welding electrode 3/32"x14"</b> . Lincoln electric excalibur 7018 MR. Must be in 10 Lbs. Hermetically sealed cans. Must be manufactured in USA. Any deviation from this spec. Must obtain a written authorization.	5	Can (10 lbs)	31.2	1560
11	<b>ASME SFA-5.1 CLASS E6010 welding electrode 3/32"x14"</b> . Lincoln electric fleetweld 5p+,DC+. Must be in 10 Lbs. Hermetically sealed cans. Must be manufactured in USA. Any deviation from this spec. Must obtain a written authorization.	2	Can (10 lbs)	50	1000
				<b>Total</b>	<b>6786.36</b>




## ANEXO 1M: *Listado de Materiales*

Trabajos Soportería					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad de Medida	Precio Unit. (USD)	Total (USD)
1	Pipe, Carbon Steel, 2" Sch. 80	6	Ft	3.36	20.16
2	Stud Bolt, Carbon Steel, all Thd. NC, Class 2, 1"x 6"	2	Ea	4	8
3	Standard Hex Nut, Carbon Steel, Semi-Finished, 1"	4	Ea	1	4
4	Plate, Carbon Steel, 6"x6"x1/2"	2	Ea	5	10
5	Anchor Bolts, 3/8" x 3"	8	Ea	1	8
6	Pipe, Carbon Steel, 3" Sch. 80	20	Ft	27.52	550.4
7	Plate, Carbon Steel, 10"x10"x1/2"	3	Ea	7	21
8	Plate, Carbon Steel, 5"x7 1/2"x3/8"	4	Ea	5	20
9	Anchor Bolts, 1/2"x3"	12	Ea	1	12
				<b>Total</b>	<b>653.56</b>

# ANEXO 2B: Hojas de Especificación de Fábrica P-146A y P-146B

**P-146A**



**SUNDSTRAND**  
SUNDSTRAND FLUID HANDLING  
Division of Ingersoll Rand Corporation

**SUNDYNE PUMP**  
SPECIFICATION SHEET

Page 1 of 1  
Gen 92-A-1

Applicable to: PROPOSAL ☐ APPROVAL ☐ AS BUILT ☐

Purchaser: **ESSO MANAGUA** Quote No. **P935209CR** Rev. **A** Serial No. **93414297**  
 Owner/User: **ESSO MANAGUA** Date: **3/15/93** By: **T. TIPPETT**  
 Service: **T-S BOTTOMS BOOSTER** Item No. **P-146** Number Required: **1** Model No. **LMV001**  
 Location: **MANAGUA, NICARAGUA** Purchase Order No. **BC-7673** Inquiry No. **KEW-19055A**

English Units

---

**OPERATING CONDITIONS**

Liquid: **VEN CRUDE** Cont./Eros. Caused by \_\_\_\_\_  
 Inlet temp., Deg F Norm **145.0** Max **145.0** U.S. GPM Norm **75.1** Rated **150.1**  
 (CR) Inlet Temp. \_\_\_\_\_ Disch. Press. psig **194.8**  
 Inlet Temp. \_\_\_\_\_ Suct. Press. psig Max. **5.0** Rated **5.0**  
 Temp., °F Norm **9.18** Max \_\_\_\_\_ Disch. Press. psig **99.84** Disch. Head, ft **268.5**  
 STU/hr Deg F **0.89** NPSHA, feet **25.0**

**CONSTRUCTION**

CASTING: Inlets ☐ Horizontal ☐ Vertical ☐ Split - Radial ☐ End casting - top diam ☐  
 Case \_\_\_\_\_ Single Throat ☐ Double Throat ☐ Vented ☐ DHT Dia. in. **212**  
 NOZZLES \_\_\_\_\_ SIZE in. \_\_\_\_\_ ANNEALING \_\_\_\_\_ FACING \_\_\_\_\_ LOCATION \_\_\_\_\_ FINISH \_\_\_\_\_  
 Inlet \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_ 600 \_\_\_\_\_ RF \_\_\_\_\_ SIDE \_\_\_\_\_ STD \_\_\_\_\_  
 Discharge \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_ 600 \_\_\_\_\_ RF \_\_\_\_\_ SIDE \_\_\_\_\_ STD \_\_\_\_\_

Impeller Dia. Rated, in. **7.34** Max. in. **9.00** Min. in. **7.00** Type: Open ☒ Closed ☐  
 Mechanical Seal, Type \_\_\_\_\_ Single ☒ Double ☐ Tandem ☐ Centrifugal Separator Yes ☐ No ☒  
 Seal part numbers: upper - **N/A** lower - **SE04AA02A** Inducer p/n **NONE**  
 API Seal Code: upper - **N/A** lower - **BSIFL** API Flush Plan **J1**

**MATERIALS**

Sundstrand Pump Build Code **A** Seal Mating Face **TUN CARB. CO BIND**  
 Pump Case/Seal Ring **CARB STL (WCB)** Secondary **VITON**  
 Diffuser **CARB STL (WCB)** Is \_\_\_\_\_ **ASTM A193-B7**  
 Impeller **316** Inducer **NONE**  
 Shaft **4140** Shaft Sleeves **316**  
 Seal Metal Parts **316** Pump O-Rings **VITON**

**GEARBOX: Yes ☐ No ☒ BEARING BOX: Yes ☐ No ☒**

Input RPM \_\_\_\_\_ Output RPM \_\_\_\_\_ Lubrication: Pressurized Oil Filtered  
 Heat Exch.: Yes ☐ No ☒ (Water ☐ Air Cooled ☐ Cooling Load: \_\_\_\_\_ STU/hr  
 TYPE **Std** (Bress Shell, Copper Tube, 150 Max W.P. Tubeside) Special: \_\_\_\_\_  
 Bearing Box Lubrication: Grease ☐ Oil mist ☐ Pressured Oil ☐ Thrust: \_\_\_\_\_ Be motor end

**MOTOR DRIVE by Sundstrand: Yes ☒ No ☐**

HP **30** RPM **3567** Volts/Phase/Hertz **230/460/3/60**  
 Mfr. **RELIANCE** S.F. **1.15** Frame **286HPZ**  
 Splined ☐ Direct ☒ Coupled ☐ Cpl. Mfg/Type \_\_\_\_\_ Qty **1**  
 Insulation **F** Full Load Amps **37** Lock Rotor Amps **194**  
 Thrust capacity **655** lbs Drive end ☐ Fan end ☐ Enclosure **TEFC-XEX**  
 Bearings: Ball ☒ Sleeve ☐ Lubrication: Grease ☒ Oil mist ☐ Pressured Oil ☐  
 Electrical Area Classification \_\_\_\_\_  
 Driver special requirements **HIGH EFFICIENCY**

**PERFORMANCE**

NPSHR (Water), feet **10.1**  
 Number of Stages **One** RPM **3567**  
 Pump Eff., Rated **54.1** % BHP Rated **16.2**  
 Max. BHP Rated Impeller **20.4**  
 Max. Head Rated Impeller, feet **296.5**  
 Minimum Continuous Flow, gpm **35.9**  
 Rotation (viewed from driver shaft end) **CCW**  
 Specific Speed **662** Best Spec Speed **7701**

**AUXILIARY PUMP REQUIREMENTS**

Required Yes ☐ No ☒ by Sundstrand Yes ☐ No ☒  
 Water cooling, gpm @ 60 - 100, deg F Min Max  
 Gearbox Heat Exchanger **0** **0**  
 Seal Flush **0** **0**  
 Seal Jacket **0** **0**  
 Total **0** **0**  
 Seal Cavity press. rated, psig **4.3** Max **4.3** / **2**  
 Typical noise level **85** dBA @ 3 ft (pump only)

**TEST REQUIREMENTS**

SHOP TEST	REQ	ORS	WT
Hydrostatic	YES	NO	NO
Performance	YES	NO	NO
NPSH	NO	NO	NO
Dismantle/insp	NO	NO	NO
Surface Insp	NO	NO	NO

Hydrostatic Test, psig **2160**  
 MAWP, psig **1440** @ 80 Deg F

**WEIGHTS - LBS**

Pump **490** Gearbox **0** Driver **36**  
 Auxiliaries **0** Base/Stand **0**  
 Total Shipping **1040**

**TURBINE DRIVE by Sundstrand: Yes ☐ No ☒**

HP \_\_\_\_\_ RPM \_\_\_\_\_ QTY \_\_\_\_\_  
 Mfr. \_\_\_\_\_  
 Steam Press. psig: Inlet \_\_\_\_\_ Outlet \_\_\_\_\_  
 Steam Temp., Deg F: Inlet \_\_\_\_\_ Outlet \_\_\_\_\_  
 Steam Rate \_\_\_\_\_ Lbs/Bhp/Hr  
 Splined ☐ Direct ☐ Coupled ☐  
 Cpl. Mfg/Type \_\_\_\_\_

**REMARKS**

to: API 610 7th Edition Covers Except as Noted On Attached List of Exceptions.

**CERTIFICATE OF MATERIAL CONFORMANCE**  
**PLAN J1 - SEAL FLUSH WITH INTEGRAL CENTRIFUGAL SEPARATOR. FLOW IS 1.8 GPM.**  
**VENT AND DRAIN KIT - KD18AA11AAA CARBON STEEL/SOCKET-WELDED/PIPE & FLANGE.**



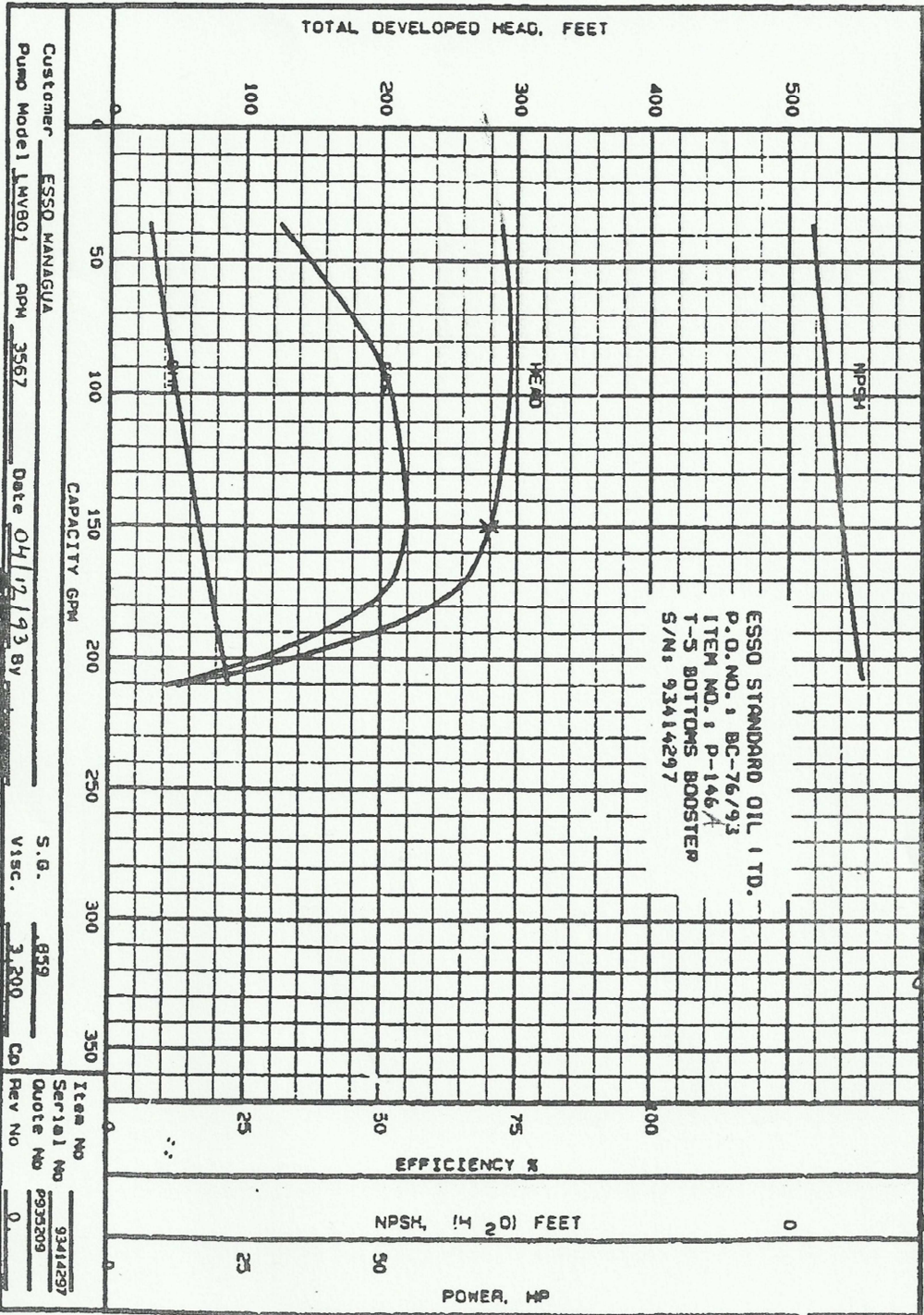
# Sundstrand Fluid Handling

Division of Milton Roy - Subsidiary of Sundstrand Corp.  
 14845 W 64th Ave Arvada, Colorado 80004  
 303-425-0800 FAX NO. 303-425-0858

PUMP TEST STAND PERFORMANCE CONVERTED TO CUSTOMER CONDITIONS

Certified by EXD Date 04/12/93

ESSO STANDARD OIL I.T.D.  
 P.O. NO. 1 BC-76/93  
 ITEM NO. 1 P-146/  
 T-S BOTTOMS BOOSTER  
 S/N: 93414297



**CERTIFIED**

Customer ESSO MANAGUA  
 Pump Model LMV801 RPM 3567

Date 04/12/93 BY

S.G. .859  
 VISC. 3.200

Item No 93414297  
 Serial No P933209  
 Quote No 0  
 Rev No 0





# Sundyne Pump Specification Sheet

FOR REFINERIA ESSO DE NICARAGUA

LOCATION NICARAGUA

SERV: GAS OIL SPLITTER TOWER BOTTOMS

SERIES LMV-801

LINE MTD. VERT. ☒ HORIZ. ☐

REV. ☒ 1/16/92  
QUOTE NO. P15115MP REV. 2.  
CUSTOMER NO. CC-3163-91-DC  
DATE 10/11/91 By DAVID SAMMS  
ITEM NO. KEW-12007A  
MOTOR DRIVE ☒ TURBINE DRIVE  
NUMBER REQUIRED 1

## OPERATING CONDITIONS

Liquid DIESEL  
U.S. gpm, Norm 200.0 Rated 200.0  
Disch Press, psig 150.0  
P.T. °F, Norm 55.0 Max 56.0  
Suct. Press, psig Max 50.0 Rated 50.0  
S.D. @ P.T. 0.645  
Diff. Press, psi 100.0  
VAP. PRESS @ P.T., psia 358.0  
Visc. @ P.T., cp 0.2700  
Diff. Head, ft. 5.5  
Corr/Eros NS= 609  
NPSH Avail., ft. 5.5

## PERFORMANCE

NPSH REQUIRED (Water), ft. 4.23  
No. Stages (One) Rpm 3544  
Eff. Design 53.4 Blip Design 21.9  
Max. Imp. Rated Imp. 28.0  
Max. Head, Rated Imp. ft. 403.5  
Min. Cont. gpm 45.7  
5.0 Ft. from discharge

## CONSTRUCTION AND MATERIALS

Casing Mounting (In Line) Split (Radial) Type (Diffuser)

All Tapped Openings in Pump 1/2 NPT With Vents & Drains

Flanges	Size	ASA Rating	Facing	Pos.
Suction	3	600 LB	RF	SIDE
Discharge	2	600 LB	RF	SIDE

Imp Dia, Des. 3.525 " Max 9.00 " Type (Open) D.DIA=0.875

Inducer: Yes ☐ No ☒ Flg'd Steel Base: Yes ☒ No ☐

Spline ☐ Coupling ☐ DIRECT DRIVE

Std Mech Seal: Crane 9AB, Single ☒ Double ☐ Tandem ☐

Special Seal: SE05AA04A

Centrifugal Separator: Yes ☐ No ☒ Flush Pline

Mat'l Code	A <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	F <input type="checkbox"/>	J <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Casing	C.S.	316 S.S.	410 S.S.	C.S.	
Diffuser	C.S.	316 S.S.	Im. w/ Casing	316 S.S.	
Impeller	316 S.S.	316 S.S.	316 S.S.	316 S.S.	
Shaft	4140	4140	4140	4140	
Sleeve	17-4PH	316 S.S.	316 S.S.	316 S.S.	
Seal Parts	316 S.S.	316 S.S.	316 S.S.	316 S.S.	
Pump Gaskets	GRAPHITE				
Studs	A193-B7	A193-B7	A193-B7	A193-B7	

Unless otherwise specified Seal Stationary Face - Carbon Seal Gasket - Teflon®  
Seal Rotating Face - Tungsten Carbide

Seal Cavity Press, psig 51.8

Water Cooling, gpm @ 60° - 100° F

Gear Box Exchanger 0.0 - 0.0

Seal Flush Exchanger 0.0 - 0.0

Seal Jacket 0.0 - 0.0

Total 0.0 - 0.0

Aux. Piping Req: Yes ☐ No ☒

(By Sundstrand: Yes ☐ No ☒)

Driver Rotation viewed from driver CW ☐ CCW ☒  
end furthest from pump.

Shop Tests	Req	Witnessed
Running	Yes	NO
NPSH	NC	NO

Other SEE BELOW

Hydro Test, psig 2160

Max Case W.P. 1440. psig @ 80° F

Weights  
Pump Unit 490. lbs.  
Driver 360. lbs.  
Shipping 1040. lbs.

S/N 91412959

MOTOR By Sundstrand, Yes ☒ No ☐

Hp 25.0 S.F. 1.13 Rpm 3544 Frame 284 LPZ

Mfr: RELIANCE Other HIGH EFFICIENCY

Encl: EXCP-NEK EXPL. P. 200 Insul. CL F 40°C Ambient

Volts, Phase, Cycles 460, 3, 60 F.L. Amps 31. L.R. Amps 155.

Bearings: (Ball) Lube: (Grease) Thrust Cap. 600 lbs.

HIGH TEMPERATURE MOTOR GREASE REQUIRED.

NOTE: API 610 Governs Except As Noted On Attached List Of Exceptions.

REMARKS: NON-WITNESSED HYDROSTATIC TEST

CERTIFICATE OF MATERIAL CONFORMANCE

VENT & CASE DRAIN PIPING - SOCKET WELDED DRAWING #KD10AA11

CARBON STEEL FLANGE COVERS



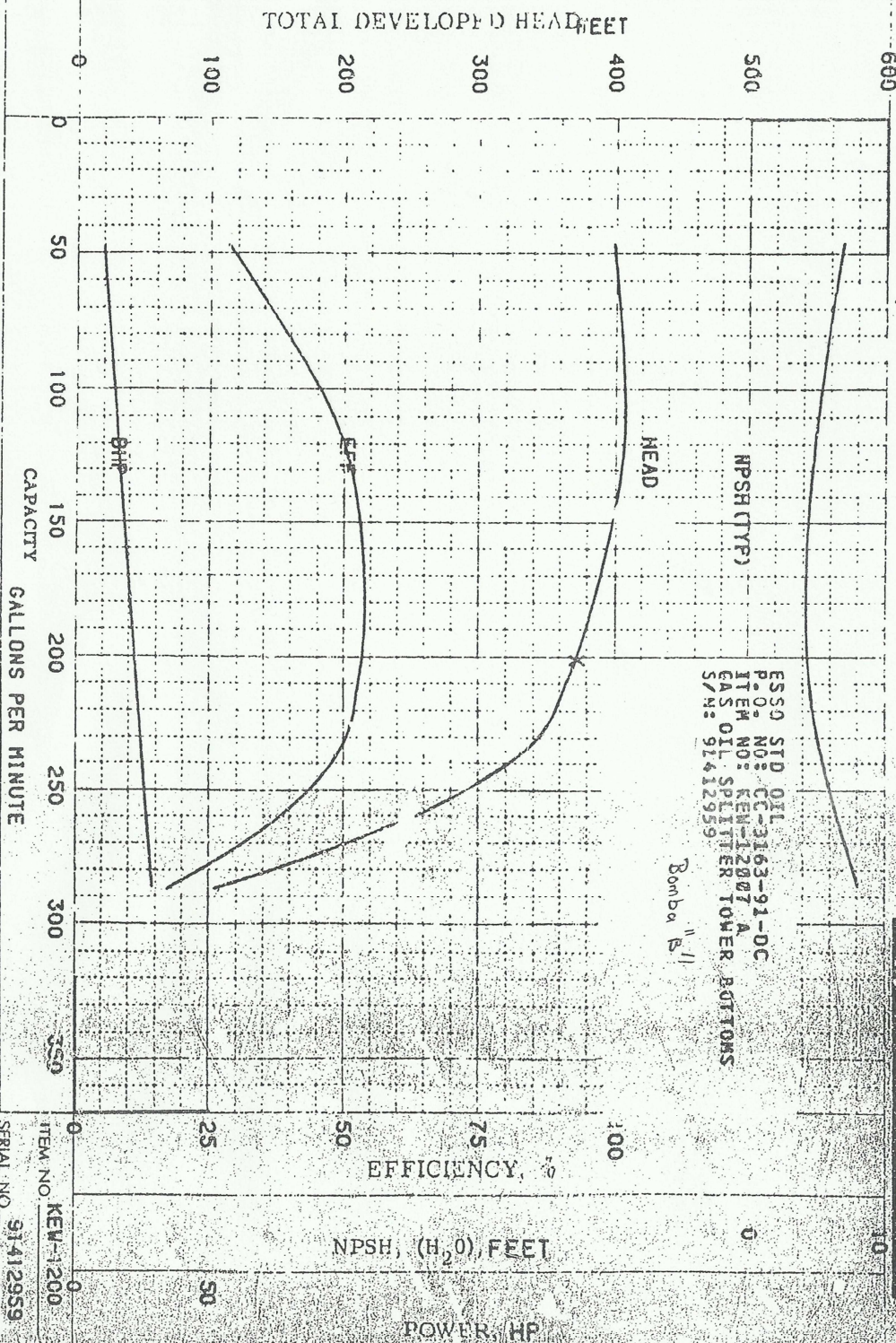
1495 WEST 64th AVENUE, P.O. BOX PM, ARVADA, COLORADO 80004 • 303/425-0800

unit    dist    oratio

CU    HDA    CLIN    JUNE

REUSE    SERIAL    DATE    8505

CERTIFIED/TEST CURVE



CUS. OMER  
PUMP MODEL  
REFINERIA ESSO DE NICARAGUA  
LMV-801 RPM 3544  
DATE 01/02/92  
BY  
CERTIFIED  
CORRECT  
SP. GR. 0.645  
VISC. = 0.27  
CP  
ITEM NO. KEM-1200  
SERIAL NO. 91412959  
QUOTE NO. P15115ME  
REV. NO. 2.

FORM NO. 674

P31341

# (C<sub>v</sub>) and (F<sub>L</sub>) Versus Travel

Flow Direction: Flow to Open

Flow Characteristics: Linear

ANSI Class: 150 through 600

Sizes: 1" through 12" (DN 25-300)

Percent of Plug Rotation						10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
F <sub>L</sub> Full Area						0.96	0.93	0.91	0.89	0.88	0.87	0.87	0.86	0.86	0.85
F <sub>L</sub> Reduced Area (.6, .4, & .2)						0.96	0.93	0.91	0.89	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
Valve Size		Orifice Dia.		Act. Stem Travel		Rated C <sub>v</sub>									
in.	DN	in.	mm	in.	mm										
1	25	.321	8.2	3.50	89	0.4	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.5	2.7	2.8
		.500	12.7	3.50	89	0.5	0.9	1.4	2.0	2.7	3.5	4.2	4.8	5.2	5.6
		.579	14.7	3.50	89	0.6	1.3	2.2	3.1	4.2	5.3	6.4	7.2	7.9	8.4
		.718	18.2	3.50	89	0.9	2.1	3.7	5.7	7.8	9.6	11.1	12.4	13.3	14
1½	40	.750	19.1	3.50	89	1.1	2.1	3.3	4.7	6.5	8.4	9.9	11.2	12.3	13.2
		.907	23.0	3.50	89	1.4	3.2	5.1	7.4	10.0	12.7	15.0	17.1	18.6	19.8
		1.125	28.6	3.50	89	2.0	5.0	8.6	13	19	22	26	29	32	33
2	50	1.000	25.4	3.50	89	1.6	3.2	5.0	7.2	9.8	12.6	15.0	17.0	18.7	20
		1.159	29.4	3.50	89	2.1	4.8	7.7	11.2	15.1	19.1	22.7	25.8	28.2	30
		1.437	36.5	3.50	89	3.1	7.5	13.3	20.5	28	34.2	39.8	44.2	47.5	50
3	80	1.500	38.1	5.75	146	4.9	9.4	14.1	20.0	26.5	33.5	39.8	45.4	50.2	54
		1.874	47.6	5.75	146	5.7	12.1	19.6	27.6	37.5	47.9	58.4	68.0	75.9	81
		2.324	59.0	5.75	146	8.8	17.7	29.8	44.5	60.7	78.3	96.2	113	127	135
4	100	2.000	50.8	5.75	146	8.4	16.1	24.0	34.1	45.1	57.1	67.8	77.4	85.6	92
		2.419	61.4	5.75	146	9.7	20.7	33.4	47.0	63.8	81.6	99.4	116	129	138
		3.000	76.2	5.75	146	15.0	30.2	50.8	75.8	104	133	164	193	216	230
6	150	3.000	76.2	7.25	184	18.2	34.9	52.2	74.1	98.0	124	147	168	186	200
		3.629	92.2	7.25	184	21.2	44.9	72.7	102	139	177	216	252	281	300
		4.500	114	7.25	184	32.7	65.7	110	165	225	290	356	419	470	500
8	200	3.797	96.4	7.25	184	22.0	44.2	71.9	107	150	196	241	283	317	340
		4.840	123	7.25	184	31.3	63.6	114	178	246	313	374	425	468	510
		6.000	152	7.25	184	42.8	111	201	316	434	542	639	725	798	850
10	250	4.746	121	7.25	184	33.7	67.6	110	164	230	300	369	432	485	520
		6.050	154	7.25	184	47.8	97.3	175	273	376	478	572	650	716	780
		7.500	191	7.25	184	65.5	170	307	483	663	828	977	1109	1221	1300
12	300	5.780	147	7.25	184	45.3	91.0	148	221	309	403	497	582	652	700
		7.460	189	7.25	184	64.4	131	235	367	506	644	769	875	964	1050
		9.250	235	7.25	184	88.1	228	414	650	893	1115	1315	1493	1644	1750

## ANEXO 2D: Balance de Presiones

### Pressure Balance for New Diesel De-Hazing Project

#### Fluid Data and Line Losses @ Flow Rate

##### Fluid Data

Temperature, °F	145.00
Specific Gravity @ Temp.	0.860
Flow Rate, gpm	160.40
Viscosity @ Temp., cS	5.82
Viscosity, cP	5.01

##### Suction Side Losses

Actual ΔP (@ 4200 B/D), psid	20.00
Estimated ΔP (@ 5500 B/D)	32.94

##### Discharge Side Losses

Orifice ΔP @ max flow, psi	2.70
Line Losses (calculated), psi	37.00
ΔP E-6/E-29/E-31/E-12, psig	55.00
ΔP Alfa Laval PHE, psig	8.70
ΔP New Prefilter, psig	1.00
ΔP New Pall Coalescer, psig	15.00
ΔP D-44, psig	22.10
1 extra psi (to control 18 at D-44 Out)	1.00
Line to TKs, Offsite, psig	1.00
Tk-11/Tk-12/Tk-14 (max Ht 43'), psig	16.00
<b>Total Required at Discharge</b>	<b>159.50</b>

#### T-705

Level of Fluid (normal), ft	2.50	→	Bottom Liq. Presurre (normal), psig	4.65
Level of Fluid (max, Tan/Tan), ft	32.16	→	Bttm. Liq. Press. (Contingency), psig	15.70
Level of Fluid (min), ft	1.41	→	Bottom Liq. Presurre (min), psig	4.25
Tower Elevation, ft	10.00		PSV set Pressure, psi	135.00
Tower Op. Press. (normal), psig	90.00	→	Tower Bottom Presurre (normal), psig	94.65
Tower Op. Press. (min), psig	85.00	→	Tower Bottom Presurre (min), psig	89.25

#### Pump With Actual Impeller 7.34" / Pump With Change in Impeller to 8"

##### Actual Impeller

ΔP @ Q (from curve), ft	270.00
ΔP @ Q (from curve), psi	100.52

<b>Max ΔP</b>	
Max Head (from curve), ft	298.00
Max Head, psi	110.94

<b>Suction</b>	
Suction pressure (normal), psig	61.72
Suction pressure (max), psig	150.70
Suction pressure (min), psig	56.31

<b>Case 1: Norm. Suction + Δpmax</b>	
Discharge Pressure, psig	172.66

<b>Case 2: Max. Suct. + Δpmax (Shut-in)</b> <i>Design Pressure</i>	
Discharge Pressure, psig	261.64

<b>Case 3: Max. Suct. + Δpnorm</b>	
Discharge Pressure, psig	251.22

##### Change in Impeller

ΔP @ Q (estimated by affinity), ft	320.74
ΔP @ Q (estimated by affinity), psi	119.41

<b>Max ΔP</b>	
Max Head (estimated by affinity), ft	354.00
Max Head, psi	131.79

<b>Suction</b>	
Suction pressure (normal), psig	61.72
Suction pressure (max), psig	150.70
Suction pressure (min), psig	56.31

<b>Case 1: Norm. Suction + Δpmax</b>	
Discharge Pressure, psig	193.51

<b>Case 2: Max. Suct. + Δpmax (Shut-in)</b> <i>Design Pressure</i>	
Discharge Pressure, psig	282.49

<b>Case 3: Max. Suct. + Δpnorm</b>	
Discharge Pressure, psig	270.11

## ANEXO 2D: Balance de Presiones

**Case Design Pressure (Safety Review): rating #150 (max 260 psig @ 200 F)**

**P-146A @ 160 gpm**

Scenario\ Imp. Diam	7.34"	8"	Comment
Case 1: Norm. Suct. + $\Delta p_{max}$	172.66	193.51	ok
Case 2: Max. Suct. + $\Delta p_{max}$ (Shut-in) - <i>Design Case</i>	261.64	282.49	Check downstream ratings
Case 3: Max. Suct. + $\Delta p_{norm}$	251.22	270.11	If impeller is changed, check downstream ratings

### FICV-725 Calculations

**$\Delta P$  considerations for 80 % opening**

Concept	Value	Comment
Req. Cv for 80% plug rotation (Cv tables)	68.00	Valve is Camflex II, 3", Port 81, Model: 35-35212
Min $\Delta P$ required for 80% opening @ flow rate, psi	4.79	-

### Pressure Balance

**Using Pump  $\Delta P$  @ 160.4 gpm**

Pressure\ Imp. Diam	7.34"	8"	Comment
Pumps min Disch. Press., psi	156.83	175.72	See $\Delta P$ @ Q for curve 1 and suct. press. (min.)
Required Press. @ Disch., psi	159.50	159.50	See line losses at discharge side.
<b>Available Pressure Drop</b>	<b>-2.67</b>	<b>16.22</b>	Press. Drop for C. Valve and line losses

### Equivalence Point for P-146 with 7.34" Impeller

Required Press. @ Disch., psig	159.50	See line losses at discharge side.
Required $\Delta P$ @ C.Valve	4.79	See $\Delta P$ considerations for C. Valve.
Suction pressure (min), psig	56.31	Minimum Pump Suction Pressure
Required Pump head, psid	107.97	Required press @ disch. - min. suct. press.
Required Pump head, ft	290.02	Equivalent required head in feet
Equivalent Flow (max limit flow given by pump with estimated pressure drops), gpm	125.00	At this flow $\Delta P$ pump = $\Delta P$ required

1- Blue Color Font is used to indicate calculated values (should not be overwritten).

2- Gray Background indicates values used only for reference calculations that not affect final results.

4- Red Background indicates an unwanted value status.



IT 64th AVENUE, P.O. BOX 74, ARVADA, COLORADO 80004 • 303/425-0400

Unit of measurement: ☐ Imperial ☒ Metric

DATE: 01/02/92 BY: P31741

REFINERIA ESSO NICARAGUA

MODEL: LHV-801 RPM: 3550

DATE: 01/02/92 BY: P31741

CERTIFIED CORRECT

SP. GR. 0.924

QUOTE NO. P15115-M

REV. NO. 2

ITEM NO. KFW-1200

SERIAL NO. 91412958

EFFICIENCY, %

NPSH, (H<sub>2</sub>O), FEET

POWER, HP

HEAD

BHP

EPR

NPSH (TYP)

ESSO STD. OIL  
P.O. NO: CC-3163-91-DC  
ITEM NO: KEM-12006  
FUEL OIL  
S/N: 91412958



# ANEXO 3G: Hoja de Especificación de Fábrica PV-116 Actual

REQUIRE DATE		SCHEDULED DATE		WORTHINGTON CONTROLS COMPANY		PAGE		OUR ORDER		
-88-69		1-28-69		11-12-68		84		H06524-82		
8AD		317		DIVISION OF WORTHINGTON CORPORATION NORWOOD, MASSACHUSETTS 02062 U.S.A. MASONEILAN CONTROL VALVE		THEIR ORDER		75-1014-47		
MAINT. ENG.						DEST. 602		VALVE 215421/082		
PC-11-16V						POSITIONER				
QUANTITY	MODEL NO.			ITEM	SERIAL			PRICE		
1	37-20331			103	H06524-82					
BODY GROUP	BODY STYLE	GLOBE		ANGLE	SAUNDERS		3-WAY			
	BODY SIZE	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	
	BODY MAT'L	IRON		STEEL						
	CONNECTIONS	SCR		125	250	150	300	600		
	BONNET	STANDARD		AIR FINNED		PLAIN EXTENSION				
TRIM GROUP	PACKING	2012		772 SV	1871					
	SIZE	FULL AREA		REDUCED (SPECIFY)		3/4				
	TRIM MAT'L	PLUG	316	316	STELLITE FACED	440 ST	ST	SOLID STELLITE (% PISTON)		
	RING/S	316	316	STELLITE FACED						
	PLUG TYPE	% CONT.	% PORTED		DISK	LINEAR				
TOR GROUP	SPR. DIAPH.	2	11	13	15	18	181	DIRECT REVERSE		
	RANGE PSI	3-15		6-30		STROKE		1/2"		
	DOMOTOR	A	B	C	D	PRELOAD	PSI	SUPPLY	PSI	
	HANDWHEEL	NONE								
	FLOW	OPENS	CLOSES							
ACTION	AIR TO	OPENS	CLOSES							
	REARER	1/4	GRACE	1	2	3	4	5	ISOLATING VALVE	YES
POSITIONER	NONE		INPUT		SUPPLY					
AIRSET	NONE		77-4							
SERVICE CONDITIONS	FLUID	H-C-Li		QTY. MAX.	20		QTY. MAX.	36		
	TEMP. MAX.	250°F		NORMAL	0°C		SP. GP @ 30"	1		
	REQ'D CV	3.9		RATED CV	6.4					
SPECIAL NOTES: MOUNT & PIPE 2705 Press. Cont. 3/16 HOLE 1/8"										
TOTAL: 75.00										

## ANEXO 3H: Escenarios de Presión y Flujo

### Memoria de Diseño - Reemplazo de UTL-PICV-116

#### Datos de Proceso

°API del Fuel Oil en Línea	16.4	→ (7.98 lb/gal)
Viscosidad, cP	7.37	

#### Datos de Metros en Descarga y Retorno de F.Oil (Bruto y Neto)<sup>1,2</sup>

Valor\ Concepto	Consumo Calc.(lb/h)	Flujo Bombeado P-121 A/B (lb/h)	Retorno PIC-116 (lb/h)	Consumo Coriolis (lb/h)
<b>Max</b>	4,041.17	12,491.26	9,181.58	3798.45
<b>Min</b>	2,889.73	8,764.29	4,827.19	2625.40
<b>Average</b>	3,475.29	11,122.15	7,646.87	3209.26
<b>Mediana</b>	3,485.90	11,526.02	7,884.17	3211.92

- Nota 1: el consumo calculado es resultado de la revisión del consumo registrado por procesos con las indicaciones diarias de los metros (Neto y Bruto). Este consumo calculado es el corregido que se utiliza para los cálculos.

- Nota 2: los consumos mínimo y máximo se corresponden a una carga neta de aprox. 17,8 KB/D y 18,5 KB/D, respectivamente.

#### Escenarios de Flujo

##### Escenario A: Máximo consumo de F.Oil y mínimo bombeo (MÍNIMO RETORNO)

Consumo F-101 y F-102, lb/h	4,041.17	← <b>Mínimo</b> retorno de Fuel Oil a través de PICV-116. Equivale a 9.86 GPM.
F.Oil Bombeado, lb/h	8,764.29	
<b>F.Oil Retorno por PIC-116, lb/h</b>	<b>4,723.12</b>	

##### Escenario B: Mínimo consumo de F.Oil y máximo bombeo (MÁXIMO RETORNO)

Consumo F-101 y F-102, lb/h	2,889.73	← <b>Máximo</b> retorno de Fuel Oil a través de PICV-116. Equivale a 20.05 GPM.
F.Oil Bombeado, lb/h	12,491.26	
<b>F.Oil Retorno por PIC-116, lb/h</b>	<b>9,601.53</b>	

##### Escenario C: Consumo Promedio de F.Oil y Bombeo Promedio (RETORNO PROMEDIO)

Consumo F-101 y F-102, lb/h	3,475.29	← <b>Promedio</b> retorno de Fuel Oil a través de PICV-116. Equivale a 15.97 GPM.
F.Oil Bombeado, lb/h	11,122.15	
<b>F.Oil Retorno por PIC-116, lb/h</b>	<b>7,646.86</b>	

#### Ramificaciones de Flujo para PIC-116 (Flujos Usados Para Cálculo de Caídas de Presión)

Concepto\Valor	min	normal	max
Flujo bombeado, lb/h	<b>8,764.29</b>	<b>11,122.15</b>	<b>12,491.26</b>
Consumo (calculado)	4,041.17	3,475.29	2,889.73
Rama a F-102	1,414.41	1,216.35	1,011.41
Flujo entre ramas	<b>7,349.88</b>	<b>9,905.80</b>	<b>11,479.85</b>
Rama a F-101	2,626.76	2,258.94	1,878.32
Flujo a válvula, lb/h	<b>4,723.12</b>	<b>7,646.86</b>	<b>9,601.53</b>

Equivale a 9.86 GPM.

Equivale a 15.97 GPM.

Equivale a 20.05 GPM.

## ANEXO 3H: Escenarios de Presión y Flujo

### Escenarios de Presión<sup>2,3</sup>

Concepto\Valor	min	normal	max
Pérdidas en línea hacia válvula, psi	14.40	20.51	24.85
Pérdidas en línea desde válvula, psi	6.77	8.91	10.38
Pérdida neta en línea de reflujo, psi	<b>21.17</b>	<b>29.42</b>	<b>35.23</b>
Flujo bombeado, gpm	<b>18.30</b>	<b>23.23</b>	<b>26.09</b>
ΔP Desarrollado P-121 A/B (curva), ft	645.00	425.00	260.00
ΔP Desarrollado P-121 A/B (presión estática), psi	265.26	174.78	106.93
Suction P-121 A/B (sin válvula)	294.09	195.37	121.70
Presión Entrada a Válvula	<b>300.86</b>	<b>204.27</b>	<b>132.08</b>

↑  
Máxima presión teórica de entrada. Usada para el rating de la válvula y el sizing del actuador.

- Nota 2: las pérdidas de presión fueron calculadas para el flujo de cada ramificación en cada caso. Las etiquetas de min, normal y max se refieren al flujo a través de la válvula.

- Nota 3: los flujos bombeados son los equivalentes en gpm del valor mostrado anteriormente en lb/h.

### ΔP Para Válvula de Control

Haciendo el ΔP igual al 30% de las pérdidas totales en el sistema a máximo flujo:

$$0.3 = \Delta P_v / (\Delta P_v + \Delta P_f)$$



$$\Delta P_v = 0.4285 (\Delta P_f)$$

ΔP<sub>v</sub> : Caída de presión en la válvula

ΔP<sub>f</sub>: Caídas de presión por fricción.

**ΔP<sub>v</sub> ≈ 15 psid**

### Resumen de Condiciones de Diseño<sup>4</sup>

Condición	Min	Normal	Max
Q, gpm	9.86	15.97	20.05
Presión de entrada	300.9	204.3	132.1
ΔP	15	15	15

- Nota 4: el ΔP usado para las condiciones min. y normal es sólo para referencia, en la realidad la válvula creará caídas de presión mayores en estas dos condiciones.

## ANEXO 3I: Listado de Materiales y Estimación de Costos

### MATERIALES NUEVA UTL-PV-116

#### Trabajos Mecánicos

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad de Medida	Precio Unit. (USD)	Total (USD)
1	<b>PIPE, Size NPS 1 1/2"</b> , Carbon steel, Seamless, Sch. 80, A106 Gr. B, Plain Ends. Must be supplied from latest AML List (no exceptions allows). Must provide Mill Certificate	30	ft	16.09	482.7
2	<b>GATE VALVE, Size NPS 1 1/2"-300#</b> : Valve, Regular Port, Gate, compact, API 602 Class 300, Flanged ends, RF, ASTM A 105 body and bonnet, bolted bonnet with A-193 Gr. B7 studs and A-194 Gr. 2H nuts, solid wedge, API Trim No.5, OS&Y. Bonnet gasket shall be spiral wound, Type 304 or 316 SS, flexible graphite filled. Packing shall be flexible graphite. Flexible graphite shall be 95% pure carbon and have a nominal density of 70 lb/ft³. Must be supplied from latest AML List (no exceptions allows).	2	Ea	406.23	812.46
3	<b>FLANGES, Size NPS 1-1/2, Socket Weld</b> , Carbon Steel ASME B16.5 Class 300, RF, A-105, Sch 80. Must be supplied from latest AML List (no exceptions allows)	8	Ea	23.51	188.08
4	<b>SPIRAL WOUND GASKET, Size NPS 1 1/2", Class 300</b> , Type 304 SS windings, flexible graphite filled per ASME B16.20, carbon steel centering ring. Type 304SS Inner Ring. Flexible graphite shall contain a minimum of 95% pure carbon and have a nominal density of 70 lb/ft³. Must be supplied from latest AML List (no exceptions allows).	8	Ea	3.41	27.28
5	<b>GLOBE VALVE, Size NPS 1 1/2"-300#</b> , API 602 Class 300, RF, carbon steel body and bonnet, ASTM A216 WCB, bolted bonnet, swivel plug, API Trim No. 8, OS&Y, spiral wound SS, flexible graphite filled bonnet gasket. Flexible graphite shall be 95% pure carbon and have nominal density of 70 lb/ft³. Must be supplied from latest AML List (no exceptions allows).	1	Ea	623.86	623.86
6	<b>90° ELBOW, Size NPS 1 1/2"</b> , ASME B16.11, Class 3000 CWP, Forged, Socket Welded Ends, A-105. Must be supplied from latest AML List (no exceptions allows)	5	Ea	19.5	97.5
7	<b>TEE, Size NPS 1 1/2"</b> , ASME B16.11, Class 3000 CWP, Forged, Socket Welded Ends, A-105. Must be supplied from latest AML List (no exceptions allows)	2	Ea	45.54	91.08
8	<b>TEE, Size NPS 3/4"</b> , ASME B16.11, Class 3000 CWP, Forged, Threaded Ends, A-105. Must be supplied from latest AML List (no exceptions allows)	1	Ea	13.83	13.83
9	<b>REDUCING TEE, Size NPS 1-1/2"x1-1/2"x3/4"</b> , , ASME B16.11, Class 3000 CWP, Carbon Steel, Forged, Socket Weld Ends, A-105. Must be supplied from latest AML List (no exceptions allows).	4	Ea	82.11	328.44
10	<b>GATE VALVE, Size NPS 3/4"</b> , Regular Port, Gate, compact, API 602 Class 800, threaded ends, ASTM A 105 body and bonnet, bolted bonnet with A-193 Gr. B7 studs and A-194 Gr. 2H nuts, solid wedge, API Trim No.8, OS&Y. Bonnet gasket shall be spiral wound, Type 304 or 316 SS, flexible graphite filled. Packing shall be flexible graphite. Flexible graphite shall be 95% pure carbon and have a nominal density of 70 lb/ft³. Must be supplied from latest AML List (no exceptions allows).	6	Ea	66.73	400.38
11	<b>GATE VALVE, Size NPS 3/4"</b> , Regular Port, Gate, compact, API 602 Class 800, socket welded ends, ASTM A 105 body and bonnet, bolted bonnet with A-193 Gr. B7 studs and A-194 Gr. 2H nuts, solid wedge, API Trim No.8, OS&Y. Bonnet gasket shall be spiral wound, Type 304 or 316 SS, flexible graphite filled. Packing shall be flexible graphite. Flexible graphite shall be 95% pure carbon and have a nominal density of 70 lb/ft³. Must be supplied from latest AML List (no exceptions allows).	1	Ea	66.73	66.73
12	<b>STUDS BOLTS 3/4" UNC-2A x 4"</b> : (does not include the height of the points) Stud bolt; alloy steel, meeting all requirements of ASTM A193 Grade B16 with two(2) Nut; heavy hex; carbon steel, meeting all requirements of ASTM A194 Grade 2H. Threads per ASME B1.1 (Unified Inch Screw Threads). Must provide Mill Certificate.	32	Ea	3.02	96.64



### ANEXO 3I: Listado de Materiales y Estimación de Costos

13	<b>NIPPLE, SIZE 3/4" x 4"</b> : Nipple pipe, Pipe, steel, Seamless, Sch. 160, A-106 Gr B. Threaded End x Plain End. Must be supplied from lastest AML List (no exceptions allows).	4	Ea	12.5	50
14	<b>NIPPLE, SIZE 3/4" x 4"</b> : Nipple pipe, Pipe, steel, Seamless, Sch. 160, A-106 Gr B. Threaded Ends. Must be supplied from lastest AML List (no exceptions allows).	2	Ea	12.5	25
15	<b>PLUG 3/4" NPS</b> ; threaded, ASME B16.11; round; forged carbon steel, ASTM A 105; length per B16.11.	3	Ea	19.68	59.04
16	<b>HEAD HEX BUSHING, Size NPS 3/4" to NPS 1/2"</b> , threaded, ASME B16.11, forged carbon steel, ASTM A 105.	2	Ea	2	4
17	<b>Range: 0 PSI to 400 PSI, Size 4 1/2" Process Pressure Gauge.</b> Liquid Filled Case with Glycerin. Minimum Accuracy Grade 2A (0.50%). Stem Mounted Bottom Connection, 1/2"-14 NPT American Standard external taper pipe threads per ASME B1.20.1. Measuring elements shall be the C-type seamless Bourdon tube-type, hardened Type 316 stainless steel. It shall withstand over-ranging to a pressure 1.3 times the maximum scale reading without a permanent set that affects gauge calibration. Solid Front Case. White background dial with black graduations and markings. Graduations (Customary Units) per ASME/ANSI B40.100-1998 Appendix B Table B1. Gauge window shall be double-strength shatter-resistant safety glass to comply with ANSI 226.1. Cleanliness Level I. A visible stop pin shall be used to restrict the upper limit of the pointer travel. The stop pin shall be located at the 6 o'clock position on the gauge front. Must comply with the vibration test (A2.5) and the fatigue test (A2.8) specified in ASME/ANSI B40.100-1998, Appendix A.	1	Ea	180	180
18	<b>TUBING, Size 1/2 in. OD. X 0.049 Wall</b> , Seamless, Drawn, Type 316 SS ASTM A 269 TP316, fully annealed, straigh lenght. Mill certificate is required.	8	Ft	4.12	32.96
19	<b>TUBING, Size 3/8 in. OD. X 0.035 Wall</b> , Seamless, Drawn, Type 316 SS ASTM A 269 TP316, fully annealed, straight length. Mill certificate is required.	18.5	Ft	3	55.5
20	<b>TUBING, Size 1/4 in. OD. X 0.035 Wall</b> , Seamless, Drawn, Type 316 SS ASTM A 269 TP316, fully annealed, straight length. Mill certificate is required.	4	Ft	2.38	9.52
21	<b>CONECTOR MALE PIPE-TUBING, Size 1/2" Tubing X 1/2" Pipe</b> , 316 stainless steel, threaded ends, complete with nuts and sleeve, TYLOK P/N= SS-8-1MC-8 or equivalent.	2	Ea	14	28
22	<b>CONECTOR MALE PIPE-TUBING, Size 3/8" Tubing X 3/4" Pipe</b> , 316 stainless steel, threaded ends, complete with nuts and sleeve, TYLOK P/N= SS-6-1MC-12 or equivalent.	2	Ea	14	28
23	<b>CONECTOR MALE PIPE-TUBING, Size 1/4" Tubing X 1/2" Pipe</b> , 316 stainless steel, threaded ends, complete with nuts and sleeve, TYLOK P/N= SS-4-1MC-8 or equivalent.	1	Ea	14	14
24	<b>CONECTOR MALE PIPE-TUBING, Size 1/4" Tubing X 1/4" Pipe</b> , 316 stainless steel, threaded ends, complete with nuts and sleeve, TYLOK P/N= SS-4-1MC-4 or equivalent.	1	Ea	14	14
25	<b>UNION 90° ELBOW MALE, Tube To Tube 1/2 NPT</b> , 316 stainless steel, complete with nuts and sleeve, TYLOK P/N= SS-8-2ELU-8 or equivalent.	2	Ea	15	30
26	<b>UNION 90° ELBOW MALE, Tube To Tube 3/8 NPT</b> , 316 stainless steel, complete with nuts and sleeve, TYLOK P/N= SS-6-2ELU-6 or equivalent.	4	Ea	15	60
27	<b>UNION 90° ELBOW MALE, Tube To Tube 1/4 NPT</b> , 316 stainless steel, complete with nuts and sleeve, TYLOK P/N= SS-4-2ELU-4 or equivalent.	4	Ea	15	60
28	<b>ASME SFA-5.1 CLASS E7018 H4R welding electrode 3/32"x14"</b> . Lincoln electric excalibur 7018 MR. Must be in 10 Lbs. Hermetically sealed cans. Must be manufactured in USA. Any deviation from this spec. Must obtain a written authorization.	2	Can (10 lbs)	31.2	62.4
29	<b>ASME SFA-5.1 CLASS E6010 welding electrode 3/32"x14"</b> . Lincoln electric fleetweld 5p+,DC+. Must be in 10 Lbs. Hermetically sealed cans. Must be manufactured in USA. Any deviation from this spec. Must obtain a written authorization.	1	Can (10 lbs)	50	50
30	<b>CALCIUM SILICATE INSULATION, Size 1 1/2"x2"</b> , asbestos free, pipe covering, thermo 12, for pipe 1 1/2", thick 2".	25	Ft	5.99	149.75

### ANEXO 3I: Listado de Materiales y Estimación de Costos

31	<b>CEMENT INSULATING</b> , asbesto free, Insulco Smooth, 45 Lbs/bag.	2	Ea	16.52	33.04
32	<b>ALUMINIUM ROLL INSULATION JACKETING</b> , Thickness .016", 3 ft wide x 100 ft long, ASTM B-209.	1	Ea	300	0
33	<b>WEATHER PROTECTIVE COATING, IIG INSULKOTE ET</b> , 5 gal. Pail.	1	Ea	94	0
34	<b>STAINLESS STEEL CLAMPS</b> , Size 1/2", 1000 Clamps Box.	1	Ea	70	0
35	<b>STAINLESS STEEL STRAPPING ROLL</b> , Size 1/2"x0.02" 200 ft length roll.	1	Ea	50	0
				<b>Total</b>	<b>4174.19</b>

Trabajos Eléctricos					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad de Medida	Precio Unit. (USD)	Total (USD)
35	<b>GALVANIZED IMC CONDUIT</b> , Size 3/4" x 10 ft lenght. UL Certified.	1	Ea	10.5	10.5
36	<b>CONDULET CONDUIT BODY "T" FITTING</b> , Size 3/4", Form 7 (Outlet Bodies - Feraloy) Crouse-Hinds Cat. # T27 With Gasket and Cover.	1	Ea	15	15
37	<b>CONDULET CONDUIT BODY "C" FITTING</b> , Size 3/4", C Form 7 (Outlet Bodies - Feraloy) Crouse-Hinds Cat. # C27 With Gasket and Cover.	1	Ea	15	15
38	<b>REDUCING BUSHING</b> , Size 3/4" X 1/2". Crouse-Hinds Cat. # RE21.	1	Ea	2	2
39	<b>LIQUIDTIGHT FLEXIBLE CONDUIT</b> , Size 3/4". Crouse-Hinds TLT-75 or equivalent.	6	Ft	1.5	9
40	<b>FLEXIBLE CONDUIT STRAIGHT CONNECTOR</b> , Size 3/4". Crouse-Hinds Cat. # LT75.	2	Ea	3	6
41	<b>GALVANIZED CONDUIT CLOSE NIPPLE</b> , Size 3/4"	1	Ea	1	1
42	<b>CONDUIT SEAL FITTING</b> , Size 3/4", Crouse-Hinds Cat. # EYSX21.	1	Ea	80	80
43	<b>SEAL FIBER</b> , Crouse-Hinds Chico X4 (2 Oz. Box).	1	Ea	46	46
44	<b>SEALING COMPOUND</b> , Crouse-Hinds Chico A3 (1 lb. Bucket).	1	Ea	12	12
				<b>Total</b>	<b>196.5</b>

Soportería					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad de Medida	Precio Unit. (USD)	Total (USD)
45	<b>Pipe</b> , Carbon Steel, 2" Sch. 80	5	Ft	3.36	16.8
46	<b>Stud Bolt</b> , Carbon Steel, all Thd. NC, Class 2, 1"x 6"	2	Ea	4	8
47	<b>Standard Hex Nut</b> , Carbon Steel, Semi-Finished, 1"	4	Ea	1	4
48	<b>Plate</b> , Carbon Steel, 1'x1'x1/4"	1	Ea	5	5
49	<b>Plate</b> , Carbon Steel, 1'x1'x1/2"	2	Ea	6	12
50	<b>Anchor Bolts</b> , 1/2" x 3"	12	Ea	1	12
				<b>Total</b>	<b>57.8</b>

# Product Bulletin

51.1:EZ  
March 2010

# EZ Valve

Table 24. Fisher EZ, Micro-Form Valve Plug

Micro-Form - Flow Up																Equal Percentage Characteristic	
Valve Size, NPS	Port Diameter		Maximum Travel		Flow Coefficient	Valve Opening—Percent of Total Travel											F <sub>L</sub> <sup>(1)</sup>
	mm	Inches	mm	Inches		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
All Sizes 1/2 - 2	6.4	0.25	19	0.75	C <sub>V</sub>	0.075	0.088	0.124	0.175	0.236	0.327	0.464	0.641	0.881	1.22	1.52	0.88
					K <sub>V</sub>	0.065	0.076	0.107	0.151	0.204	0.283	0.401	0.554	0.762	1.06	1.31	---
					X <sub>T</sub>	0.804	0.771	0.717	0.658	0.645	0.620	0.585	0.596	0.596	0.603	0.647	---
1/2	9.5	0.375	19	0.75	C <sub>V</sub>	0.102	0.134	0.202	0.313	0.448	0.613	0.879	1.27	1.77	2.47	3.00	0.93
					K <sub>V</sub>	0.088	0.116	0.175	0.271	0.388	0.530	0.760	1.10	1.53	2.14	2.59	---
					X <sub>T</sub>	0.766	0.711	0.679	0.618	0.602	0.588	0.564	0.580	0.599	0.593	0.723	---
	12.7	0.5	19	0.75	C <sub>V</sub>	0.137	0.193	0.324	0.496	0.737	1.07	1.52	2.13	2.93	3.89	4.52	0.94
					K <sub>V</sub>	0.119	0.167	0.280	0.429	0.638	0.926	1.31	1.84	2.53	3.36	3.91	---
					X <sub>T</sub>	0.739	0.689	0.631	0.595	0.603	0.602	0.592	0.604	0.636	0.687	0.754	---
3/4	9.5	0.375	19	0.75	C <sub>V</sub>	0.101	0.131	0.205	0.312	0.446	0.618	0.882	1.28	1.80	2.45	3.03	0.93
					K <sub>V</sub>	0.087	0.113	0.177	0.270	0.386	0.535	0.763	1.11	1.56	2.12	2.62	---
					X <sub>T</sub>	0.807	0.751	0.642	0.655	0.616	0.597	0.603	0.601	0.607	0.650	0.736	---
	12.7	0.5	19	0.75	C <sub>V</sub>	0.133	0.190	0.318	0.486	0.732	1.07	1.52	2.15	3.07	4.20	5.06	0.94
					K <sub>V</sub>	0.115	0.164	0.275	0.420	0.633	0.926	1.31	1.86	2.66	3.63	4.38	---
					X <sub>T</sub>	0.780	0.720	0.655	0.628	0.606	0.598	0.598	0.596	0.596	0.636	0.722	---
	19.1	0.75	19	0.75	C <sub>V</sub>	0.276	0.373	0.617	0.948	1.44	2.14	3.10	4.43	6.14	7.58	8.35	0.87
					K <sub>V</sub>	0.239	0.323	0.534	0.820	1.25	1.85	2.68	3.83	5.31	6.56	7.22	---
					X <sub>T</sub>	0.734	0.702	0.618	0.634	0.605	0.607	0.646	0.670	0.699	0.730	0.693	---
1	9.5	0.375	19	0.75	C <sub>V</sub>	0.099	0.129	0.199	0.308	0.448	0.620	0.882	1.29	1.80	2.43	3.07	0.89
					K <sub>V</sub>	0.086	0.112	0.172	0.266	0.388	0.536	0.763	1.12	1.56	2.10	2.66	---
					X <sub>T</sub>	0.795	0.747	0.663	0.641	0.593	0.569	0.568	0.560	0.571	0.624	0.662	---
	12.7	0.5	19	0.75	C <sub>V</sub>	0.133	0.189	0.319	0.492	0.735	1.08	1.53	2.12	2.99	4.17	4.91	0.93
					K <sub>V</sub>	0.115	0.163	0.276	0.426	0.636	0.934	1.32	1.83	2.59	3.61	4.25	---
					X <sub>T</sub>	0.787	0.728	0.639	0.628	0.591	0.573	0.585	0.600	0.618	0.645	0.803	---
	19.1	0.75	19	0.75	C <sub>V</sub>	0.276	0.374	0.622	0.965	1.47	2.17	3.15	4.57	6.52	8.17	8.84	0.97
					K <sub>V</sub>	0.239	0.324	0.538	0.835	1.27	1.88	2.72	3.95	5.64	7.07	7.65	---
					X <sub>T</sub>	0.723	0.687	0.614	0.588	0.560	0.571	0.596	0.603	0.624	0.750	0.919	---
1-1/2 and 2	9.5	0.375	19	0.75	C <sub>V</sub>	0.096	0.121	0.190	0.302	0.435	0.600	0.864	1.26	1.80	2.56	3.20	0.84
					K <sub>V</sub>	0.083	0.105	0.164	0.261	0.376	0.519	0.747	1.09	1.56	2.21	2.77	---
					X <sub>T</sub>	0.923	0.915	0.763	0.699	0.657	0.640	0.624	0.608	0.596	0.594	0.648	---
	12.7	0.5	19	0.75	C <sub>V</sub>	0.145	0.199	0.323	0.503	0.735	1.07	1.54	2.14	3.08	4.36	5.18	0.91
					K <sub>V</sub>	0.125	0.172	0.279	0.435	0.636	0.926	1.33	1.85	2.66	3.77	4.48	---
					X <sub>T</sub>	0.851	0.748	0.686	0.640	0.617	0.627	0.602	0.607	0.607	0.573	0.705	---
	19.1	0.75	19	0.75	C <sub>V</sub>	0.336	0.434	0.683	1.00	1.49	2.21	3.18	4.61	6.73	8.88	10.2	0.92
					K <sub>V</sub>	0.291	0.375	0.591	0.865	1.29	1.91	2.75	3.99	5.82	7.68	8.82	---
					X <sub>T</sub>	0.784	0.747	0.625	0.636	0.596	0.578	0.603	0.593	0.591	0.680	0.796	---
1. At 100% travel.																	

1. At 100% travel.

Notes: The coefficients on this page are also appropriate for EZ-C valves.



# ANEXO 3K: Hoja de Especificación de Válvula de Control (General)

ExxonMobil Use Only

CNTLVALV.XLS

Revised 7/15/96

## CONTROL VALVE

UNIT		FINAL TAG	
U-100		UTL-PICV-116	
SERVICE (24 Characters Maximum)		DESIGN TAG	
FUEL OIL TO FURNACES (F-101,F-102) PRESSURE CONTROL		UTL-PICV-116	
PROCESS CONDITIONS	1-1 FLUID NAME	FLUID STATE	FUEL OIL
	1-2 CORROSIVE, EROSION, FOULING MTL.	LOW EMISSIONS PACKING REQ'D	NONE (NOTE 1)
	1-3 PRESSURE	204.0 PSIG OPER	300 PSIG DES.
	1-4 TEMPERATURE	250 °F OPER	250 °F DES.
	1-5 SP GR @ OPER COND.	MOLECULAR WT. GAS	0.950
	1-6 VISC. @ OPER COND.	SUPERHEAT	7.37 CP
	1-7 VAPOR PRESS. @ OPER. COND.		0.01 PSIA
	1-8 FLASHING SERVICE	AMOUNT OF FLASH	NO YES
	1-9 SPEC. HEAT RATIO, CP/CV		-
OP. REQUIREMENTS	2-1 TIGHT SHUTOFF	HANDWHEEL	NO YES (NOTE 2)
	2-2 ACTUATING MEDIUM FAILURE THE VALVE SHALL	OPEN CLOSE REMAIN IN LAST POSITION	
	2-3 MANUAL RESET	RESET LOCATION	YES NO
	2-4 SPLIT RANGE (DESCRIBE IN NOTES)		NO YES
	2-5 LINE SIZE	LINE NUMBER	1 1/2 IN. EXIST.
	2-6 MAX. UPSTREAM PRESSURE	FLOW TENDS TO ...	300 PSIG OPEN CLOSE
	2-7 FLOW GPM @ OPER COND: KSCFH	MIN. 9.9	NORM. 15.9
	2-8 INLET PRESSURE	132.0 PSIG	204.0 PSIG
	2-9 PRESSURE DROP	15.0 PSI	15.0 PSI
EQUIPMENT DETAILS	3-1 CALCULATED COEF. Cv Cg Cs	2.5	4.0
	3-2 % STEM LIFT VALVE SELECTED	39 %	52 %
	3-3 CALCULATED NOISE LEVEL	≤ 50 dbA	≤ 50 dbA
	3-4 CAVITATING SERVICE	VALVE Km, Cf, Fl, C1	NO YES
	3-5 BODY SIZE	TRIM SIZE	VALVE COEFF. Cv Cg Cs
	3-6 TRIM CHARACTERISTIC	SEATING SURFACE	=% LINEAR
	3-7 VALVE TYPE	VALVE OPEN, VALVE CLOSED	CAGE, GLOBE, BALL, BTFY, ROTARY, 3-WAY, ANGLE
	3-8 BODY CONNECTIONS	RATING	RF FLANGE RTJ FLANGE THREADED
	3-9 BODY MATERIAL	PLUG MATERIAL	SEAT MATERIAL
	3-10 BONNET	PACKING	STD. EXTENSION
	3-11 VALVE STROKE		3/4 IN.
	3-12 ACTUATOR SPRING #	BENCH SET	FISHER 1E8054
	3-13 TYPE ACTUATOR	SIZE ACTUATOR	DIAPH CYL PISTON
	3-14 POSITIONER	POSITIONER BYPASS	NO YES
	3-15 POSITIONER INPUT	POSITIONER OUTPUT	4-20 mA dc
	3-16 AVAILABLE AIR SUPPLY PRESSURE		40 50 60 80 PSIG
3-17 I/P TRANSDUCER		NO YES (NOTE 3)	
3-18 I/P INPUT	I/P OUTPUT	4-20 MADC DIGITAL	
3-19 LOCKUP VALVE (PIPED & MOUNTED)		NO YES	
3-20 AIR SET (PIPED & MOUNTED)		NO YES	
SPECIAL NOTES: 1. UNDER NORMAL CONDITIONS 2. SHUTOFF CLASS IV. 3. I/P INTEGRATED WITHIN THE POSITIONER (SMART). 4. VISC. @ OPER COND. IS 52 SSU APROX.			
4-1 MANUFACTURER	ACTUATOR	VALVE	POSITIONER
4-2 MODEL	FISHER	FISHER	FISHER
4-3 PURCHASE ORDER NO.	657	EZ	DVC6010
4-4 REFERENCE P&ID	10A91001	10A91001	10A91001
4-5 REFERENCE PIPING DWG.	10C50001	10C50001	10C50001
4-6 REFERENCE SKETCHES	10C50002	10C50002	10C50002
4-7 REFERENCE ELEC. DWG.			
EXXONMOBIL REFINING AND SUPPLY CO. CONTROL VALVE		PROCESS SPECIFICATION NO.	DATE LATEST REVISION / REV #
		PROCESS DESIGNER	NOV. 16, 2010 / Rev. 0
		INSTRUMENT ENGINEER	

**SLIDING STEM CONTROL VALVE SPECIFICATION**

Rep <b>MAURICIO SOTO LTDA</b>				Project: <b>U-100</b> Rev: <b>00</b>		16 NOV 10	
Item: <b>1</b>		Rev:		Qty: <b>1</b>		Data Sheet: <b>Reemplazo de UTL-PIC-116</b>	
				Revised: <b>Daniel Sánchez</b>			
Service: <b>F.Oil to Furnaces Press. Ctrl</b>		Positioner Type: <b>DVC6010 AD</b>					
Tag: <b>UTL-PIC-116</b>		Input Signal: <b>6-30 psig</b>					
Size and Type: <b>1 1/2 Inch EZ Body</b>		Access: <b>Airset</b>					
Body Style: <b>Globe</b>		Gauges: <b>Inst;Out;Supp</b>					
Design Temp: <b>250</b>		Action: <b>Direct</b>					
Design Press: <b>300</b>		Certification: <b>FM Explosion Proof</b>					
End Connect: <b>ANSI Class 300</b>		Controller Type: <b>None</b>					
In: <b>RF FLG</b>		Action:					
Out: <b>RF FLG</b>		Measure Element:					
Material: <b>WCC Carbon STL Cast</b>		Range:					
Ports: <b>Single Port</b>		Output:					
Flow Directn: <b>Up</b>		Mounting:					
Trim Number: <b>101 Metal</b>		Airset:					
Cage Matl: <b>None</b>		Mounting:					
Retainer Matl: <b>17-4PH SST</b>		Transducer: <b>None</b>					
Bushing Matl: <b>17-4PH SST</b>		Input Signal:					
Seat Ring Matl: <b>416 SST</b>		Output Signal:					
VALVE PLUG		Action:					
Material: <b>416 SST</b>		Mounting:					
Guiding: <b>Post Guiding</b>		Airset:					
Balance: <b>Unbalanced</b>		Certifications:					
Shutoff Class: <b>ANSI Class IV</b>		Line In: <b>1.500 in, 80</b>					
Port Size: <b>3/4 Inch</b>		Line Out: <b>1.500 in, 80</b>					
Characteristic: <b>M-Form</b>		Insulation:					
Stem Material: <b>316 SST</b>		Service Cond: <b>Throttling</b>					
Stem Size: <b>.375</b>		Process Fluid: <b>F.OIL</b>					
Bonnet Style: <b>Standard</b>				<b>Minimum</b>		<b>Normal</b>	
Boss Size: <b>2 1/8</b>		SG		<b>0.950</b>	<b>0.950</b>	<b>0.950</b>	
Packing: <b>Single Graphite</b>		T	<b>deg F</b>	<b>250.000</b>	<b>250.000</b>	<b>250.000</b>	
Access: <b>None</b>		P1	<b>psig</b>	<b>300.860</b>	<b>204.270</b>	<b>132.080</b>	
Bolt, Bonnet: <b>B7/2H</b>		Pv	<b>psia</b>	<b>0.0006</b>	<b>0.0006</b>	<b>0.0006</b>	
PackFlg/Bltg: <b>SST</b>		dP	<b>psid</b>	<b>15.000</b>	<b>15.000</b>	<b>15.000</b>	
		Q	<b>gpm(US)</b>	<b>9.860</b>	<b>15.970</b>	<b>20.050</b>	
		Vlv Lpa	<b>dB(A)</b>	<b>&lt; 50</b>	<b>&lt; 50</b>	<b>&lt; 50</b>	
Actuator: <b>Spring &amp; Diaphragm</b>		Cv		<b>2.560</b>	<b>4.112</b>	<b>5.142</b>	
Type/Size: <b>657/34</b>		Km		<b>0.846</b>	<b>0.846</b>	<b>0.846</b>	
Travel: <b>3/4 Inch</b>							
Bench Set: <b>6 -19 psi</b>							
Push Down To: <b>Close</b>							
Supply: <b>Air</b>		% Open		<b>53</b>	<b>66</b>	<b>72</b>	
To Actuator: <b>6-30 psig</b>							
Fails Valve: <b>Open</b>							
Handwheel: <b>None</b>							
Maximum Rated Flow Coefficient: <b>10.2 Cv</b>							
<b>1. Stem Material per Vendor Standard</b> <b>2. Stem Size per Vendor Standard</b> <b>3. Boss Size per Vendor Standard</b>							
1.0aa				08 MAR 11			

# SIZING CALCULATION

Contact: **Daniel Sánchez**  
Customer: **ESSO Standard Oil, Ltda.**  
Loc: **Managua, Nicaragua**

Project: **U-100**

Rev: **00**

Date: **16 NOV 10**

Item: **1 - VALVE/REGULATOR SIZING CALCULATION: Fisher Liquid**

Item Desc: **EZ Body,1 1/2 Inch;Size 34 657 Act.**

Tags: **UTL-PIC-116**

## SERVICE & SIZING

	Minimum	Normal	Maximum
Liquid Name	F.OIL	F.OIL	F.OIL
Inlet Pressure (psig)	300.860	204.270	132.080
Pressure Drop (psid)	15.000	15.000	15.000
Atm. Pressure (psia)	14.696	14.696	14.696
Critical Pressure (psia)	155.000	155.000	155.000
Vapor Pressure (psia)	0.0006	0.0006	0.0006
Specific Gravity	0.950	0.950	0.950
Temperature (deg F)	250.000	250.000	250.000
Viscosity (cP)	7.370	7.370	7.370
Liquid Flow Rate (gpm(US))	9.860	15.970	20.050
Recovery Coefficient, Km	0.846	0.846	0.846
Sizing Coefficient, Cv	2.560	4.112	5.142
dP Allowable (psid)	267.086	185.332	124.231
Cavitrol Trim Application Ratio, Ar	0.048	0.069	0.102
Rc	0.959	0.959	0.959
Reynolds Number	13917.960	17712.897	19846.975
Viscosity Corr Factor, Fv	1.031	1.023	1.019
Notes:			

## NOISE CALCULATION

Fisher Valve/Reg Trim Type	STANDARD	STANDARD	STANDARD
Downstream Pipe Size (in)	1.500	1.500	1.500
Downstream Pipe Schedule	80	80	80
Valve/Reg LpA (SPL) (dB(A))	< 50	< 50	< 50

Calculations by Daniel Sánchez  
Proyecto U-100, Reemplazo de PIC-116

# SIZING CALCULATION

Contact: **Daniel Sánchez**  
Customer: **ESSO Standard Oil, Ltda.**  
Loc: **Managua, Nicaragua**

Project: **U-100**

Rev: **00**

Date: **16 NOV 10**

Item: **1 - ACTUATOR SIZING: Quick Spr & Dia**  
Item Desc: **EZ Body,1 1/2 Inch;Size 34 657 Act.**  
Tags: **UTL-PIC-116**

Actuator Type	<b>657</b>
Air to Diaphragm	<b>0-33 (6-30)</b>
Valve Design	<b>EZ</b>
Body Size (in)	<b>1.50</b>
Class	<b>300</b>
Flow	<b>UP</b>
Trim	<b>STANDARD</b>
Seat Type	<b>METAL</b>
Packing	<b>GRAPHITE</b>
Maximum Inlet Pressure (psig)	<b>300.00</b>
Maximum Pressure Drop (psid)	<b>300.00</b>
Actuator Size	<b>34</b>
Spring	<b>1E8054</b>
Spring Rate (lbf/in)	<b>1230.00</b>
Lower Bench Set (psig)	<b>6.00</b>
Upper Bench Set (psig)	<b>19.00</b>
Actuator Output Thrust (lbf)	<b>966.0</b>
Required Valve Thrust (lbf)	<b>908.6</b>
FS Number	

Calculations by Daniel Sánchez  
Proyecto U-100, Reemplazo de PIC-116

# ANEXO 3M: Cálculo de Caídas de Presión (Pérdidas Aguas Arriba a Flujo Mínimo).

Fittings Report									
Fitting Summary Data									
Forward Calculation Mode - Inlet Conditions Specified									
Fitting Name	Outlet Diameter in	Inlet Flow lb/h	K	Outlet Density SGOR	Outlet Velocity ft/s	Inlet Temperature DegF	Friction Factor		
1. Pipeline Entrance - Sharp-Edged 2.067 in	2.067	8764.3	0.5	0.95	1.77		0.0047		
2. Straight Pipe 1.00 ft Horiz	2.067	8764.3	0.5242	0.95	1.77		0.0119		
3. Blank-off Tee Line Flow	2.067	8764.3	0.1871	0.95	1.77		0.0047		
4. Check Valve - Conventional Swing	2.067	8764.3	2.564	0.95	1.77		0.0047		
5. Gate Valve - Disc Type	2.067	8764.3	0.2469	0.95	1.77		0.0047		
6. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	8764.3	0.2963	0.95	1.77		0.0047		
7. Straight Pipe 4.25 ft Horiz	2.067	8764.3	1.176	0.95	1.77		0.0119		
8. Gate Valve - Disc Type	2.067	8764.3	0.2469	0.95	1.77		0.0047		
9. Blank-off Tee Branch Flow	2.067	8764.3	0.7923	0.95	1.77		0.0047		
10. Straight Pipe 7.50 ft Horiz	2.067	8764.3	2.058	0.95	1.77		0.0119		
11. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	8764.3	0.2963	0.95	1.77		0.0047		
12. Straight Pipe 2.42 ft Up	2.067	8764.3	0.6697	0.95	1.77		0.0119		
13. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	8764.3	0.2963	0.95	1.77		0.0047		
14. Straight Pipe 2.42 ft Horiz	2.067	8764.3	0.6697	0.95	1.77		0.0119		
15. Blank-off Tee Branch Flow	2.067	8764.3	0.7923	0.95	1.77		0.0047		
16. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	2.067	8764.3	0.2788	0.95	1.77		0.0119		
17. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	8764.3	0.2963	0.95	1.77		0.0047		
18. Straight Pipe 2.42 ft Down	2.067	8764.3	0.6697	0.95	1.77		0.0119		
19. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	8764.3	0.2963	0.95	1.77		0.0047		
20. Straight Pipe 2.75 ft Horiz	2.067	8764.3	0.7611	0.95	1.77		0.0119		
21. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	8764.3	0.2963	0.95	1.77		0.0047		
22. Straight Pipe 0.66 ft Up	2.067	8764.3	0.1827	0.95	1.77		0.0119		
23. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	8764.3	0.2963	0.95	1.77		0.0047		
24. Straight Pipe 5.58 ft Horiz	2.067	8764.3	1.544	0.95	1.77		0.0119		
25. Fixed Prop - metros, pascones, valvulas	2.067	8764.3	0.1444	0.95	1.77		0.0047		
26. Sudden Contraction > 1.61 in	1.61	8764.3	0.336	0.95	2.917		0.005		
27. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	8764.3	0.336	0.95	2.917		0.005		
28. Straight Pipe 0.66 ft Down	1.61	8764.3	0.1827	0.95	2.917		0.0093		
29. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	8764.3	0.336	0.95	2.917		0.005		
30. Straight Pipe 1.16 ft Horiz	1.61	8764.3	0.321	0.95	2.917		0.0093		
31. Blank-off Tee Branch Flow	1.61	8764.3	0.8523	0.95	2.917		0.005		
32. Straight Pipe 0.83 ft Up	1.61	8764.3	0.2297	0.95	2.917		0.0093		
33. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	8764.3	0.336	0.95	2.917		0.005		
34. Straight Pipe 105.0 ft Horiz	1.61	8764.3	29.06	0.95	2.917		0.0093		
35. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	8764.3	0.336	0.95	2.917		0.005		
36. Straight Pipe 9.33 ft Up	1.61	8764.3	2.582	0.95	2.917		0.0093		
37. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	8764.3	0.336	0.95	2.917		0.005		
38. Straight Pipe 248.0 ft Horiz	1.61	8764.3	68.64	0.95	2.917		0.0093		
39. Blank-off Tee Line Flow	1.61	8764.3	0.2101	0.95	2.917		0.005		
40. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	8764.3	0.336	0.95	2.917		0.005		
41. Straight Pipe 1.5 ft Down	1.61	8764.3	0.4121	0.95	2.917		0.0093		
42. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	8764.3	0.336	0.95	2.917		0.005		
43. Straight Pipe 93.58 ft Horiz	1.61	8764.3	25.9	0.95	2.917		0.0093		
44. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	8764.3	0.336	0.95	2.917		0.005		
45. Straight Pipe 14.10 ft Horiz	1.61	8764.3	3.919	0.95	2.917		0.0093		
46. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	8764.3	0.336	0.95	2.917		0.005		

# Fittings report

Fitting Name	DeltaP psi	Friction DeltaP psi	Kinetic DeltaP psi	Elevation DeltaP psi	Outlet KineticP psia	Outlet ElevationP psia	Inlet StaticP psia	Outlet StaticP psia
47. Straight Pipe 1.16 ft Down	1.61	8764.3	0.321	0.95	2.917		0.0093	
48. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	8764.3	0.336	0.95	2.917		0.005	
49. Straight Pipe 15.66 ft Horiz	1.61	8764.3	4.334	0.95	2.917		0.0093	
50. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	8764.3	0.336	0.95	2.917		0.005	
51. Straight Pipe 80.58 ft Horiz	1.61	8764.3	22.3	0.95	2.917		0.0093	
52. Elbow - 45 Degree Long Radius	1.61	8764.3	0.2031	0.95	2.917		0.005	
53. Straight Pipe 4.91 ft Horiz	1.61	8764.3	0.5286	0.95	2.917		0.0093	
54. Elbow - 45 Degree Long Radius	1.61	8764.3	0.2031	0.95	2.917		0.005	
55. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	1.61	8764.3	0.2768	0.95	2.917		0.0093	
56. Straight Pipe 20.0 ft Horiz	1.61	8764.3	5.535	0.95	2.917		0.0093	
57. Straight Pipe 11.6 ft Horiz	1.61	8764.3	3.21	0.95	2.917		0.0093	
58. Split/Join Tee Line Flow > 1.61 in	1.61	8764.3		0.95	2.917		0.0093	
59. Straight Pipe 4.4 ft Horiz	1.61	7349.9	1.452	0.95	2.446		0.005	
60. Straight Pipe 17.5 ft Horiz	1.61	7349.9	5.775	0.95	2.446		0.011	
61. Blanked-off Tee Line Flow	1.61	7349.9	0.2101	0.95	2.446		0.011	
62. Straight Pipe 10.0 ft Horiz	1.61	7349.9	3.3	0.95	2.446		0.005	
63. Split/Join Tee Line Flow > 1.61 in	1.61	7349.9		0.95	2.446		0.011	
64. Straight Pipe 4.16 ft Horiz	1.61	4723.1	2.136	0.95	1.572		0.005	
65. Straight Pipe 0.83 ft Horiz	1.61	4723.1	0.4262	0.95	1.572		0.0172	
66. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.005	
67. Straight Pipe 0.66 ft Horiz	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.0172	
68. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.005	
69. Straight Pipe 50.0 ft Horiz	1.61	4723.1	25.68	0.95	1.572		0.0172	
70. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.005	
71. Straight Pipe 2.0 ft Up	1.61	4723.1	1.027	0.95	1.572		0.0172	
72. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.005	
73. Straight Pipe 8.75 ft Horiz	1.61	4723.1	1.027	0.95	1.572		0.0172	
74. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	4.494	0.95	1.572		0.005	
75. Straight Pipe 2.0 ft Down	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.0172	
76. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	1.027	0.95	1.572		0.005	
77. Straight Pipe 7.16 ft Horiz	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.0172	
78. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	3.677	0.95	1.572		0.005	
79. Straight Pipe 2.0 ft Down	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.005	
80. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	1.027	0.95	1.572		0.0172	
81. Straight Pipe 2.33 ft Horiz	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.005	
82. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	1.197	0.95	1.572		0.0172	
83. Straight Pipe 3.41 ft Down	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.005	
84. Straight Pipe 0.75 ft Down	1.61	4723.1	1.751	0.95	1.572		0.0172	
85. Blanked-off Tee Line Flow	1.61	4723.1	0.3852	0.95	1.572		0.0172	
86. Straight Pipe 0.625 ft Down	1.61	4723.1	0.2101	0.95	1.572		0.005	
87. Blanked-off Tee Line Flow	1.61	4723.1	0.321	0.95	1.572		0.0172	
88. Straight Pipe 1.75 ft Down	1.61	4723.1	0.2101	0.95	1.572		0.005	
89. Gate Valve - Disc Type	1.61	4723.1	0.8987	0.95	1.572		0.005	
90. Straight Pipe 2.5 ft Down	1.61	4723.1	0.2623	0.95	1.572		0.005	
91. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	1.254	0.95	1.572		0.0172	
92. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.005	
93. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	0.5136	0.95	1.572		0.0172	
			0.336	0.95	1.572		0.005	

Fitting Name

1. Pipeline Entrance 0.0099 0.032 0.032

Outlet  
KineticP  
psia  
0.022

Outlet  
ElevationP  
psia  
0.0

Inlet  
StaticP  
psia  
270.0

Outlet  
StaticP  
psia  
270.0

Page 2

ExxonMobil Use Only - Confidential

23-Jul-2010 10:07:09 AM



# Fittings Report

2. Straight Pipe 1.92 ft Horiz	0.0106	0.0106	0.0	0.0	0.022	0.0	270.0
3. Blank-off Tee Line Flow	0.0037	0.0037	0.0	0.0	0.022	0.0	270.0
4. Blank Valve - Disc Type	0.0049	0.0049	0.0	0.0	0.022	0.0	269.9
5. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0059	0.0059	0.0	0.0	0.022	0.0	269.9
6. Straight Pipe 4.25 ft Horiz	0.0234	0.0234	0.0	0.0	0.022	0.0	269.9
7. Gate Valve - Disc Type	0.0049	0.0049	0.0	0.0	0.022	0.0	269.9
8. Blank-off Tee Branch Flow	0.0158	0.0158	0.0	0.0	0.022	0.0	269.9
9. Straight Pipe 7.58 ft Horiz	0.0417	0.0417	0.0	0.0	0.022	0.0	269.8
10. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0059	0.0059	0.0	0.0	0.022	0.0	269.8
11. Straight Pipe 2.42 ft Up	1.009	0.0133	0.0	0.9957	0.022	0.0	269.8
12. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0059	0.0059	0.0	0.0	0.022	0.0	268.8
13. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	0.0133	0.0133	0.0	0.0	0.022	0.0	268.8
14. Straight Pipe 2.42 ft Horiz	0.0059	0.0059	0.0	0.0	0.022	0.0	268.8
15. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0059	0.0059	0.0	0.0	0.022	0.0	268.8
16. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	0.0133	0.0133	0.0	0.0	0.022	0.0	268.8
17. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0059	0.0059	0.0	0.0	0.022	0.0	268.8
18. Straight Pipe 2.42 ft Down	-0.9824	0.0133	0.0	-0.9957	0.022	0.0	268.7
19. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0059	0.0059	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
20. Straight Pipe 2.75 ft Horiz	0.0151	0.0151	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
21. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0059	0.0059	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
22. Straight Pipe 0.66 ft Up	0.2752	0.0036	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
23. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0059	0.0059	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
24. Straight Pipe 5.58 ft Horiz	0.0307	0.0307	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
25. Fixed PIPES, metres, pascones, valvulas	5.018	5.0	0.018	0.0	0.022	0.0	268.7
26. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0181	0.0181	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
27. Straight Pipe 0.66 ft Down	-0.2617	0.0181	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
28. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0181	0.0181	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
29. Straight Pipe 1.16 ft Horiz	0.0173	0.0173	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
30. Blank-off Tee Branch Flow	0.046	0.046	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
31. Straight Pipe 0.83 ft Up	0.3539	0.0124	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
32. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0181	0.0181	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
33. Straight Pipe 105.0 ft Horiz	1.57	1.57	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
34. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0181	0.0181	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
35. Straight Pipe 9.33 ft Up	3.878	0.1395	0.0	3.839	0.022	0.0	268.7
36. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0181	0.0181	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
37. Straight Pipe 248.0 ft Horiz	0.0114	0.0114	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
38. Blank-off Tee Line Flow	-0.5948	0.0181	0.0	-0.6172	0.022	0.0	268.7
39. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0181	0.0181	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
40. Straight Pipe 1.5 ft Down	1.399	0.0181	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
41. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0181	0.0181	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
42. Straight Pipe 93.58 ft Horiz	0.2117	0.2117	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
43. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0181	0.0181	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
44. Straight Pipe 14.16 ft Horiz	-0.4599	0.0181	0.0	-0.4773	0.022	0.0	268.7
45. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0181	0.0181	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
46. Straight Pipe 1.16 ft Down	0.2341	0.2341	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
47. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0181	0.0181	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
48. Straight Pipe 15.66 ft Horiz	0.0181	0.0181	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
49. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0181	0.0181	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
50. Straight Pipe 80.58 ft Horiz	0.011	0.011	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
51. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0286	0.0286	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
52. Straight Pipe 1.91 ft Horiz	0.011	0.011	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
53. Elbow - 45 Degree Long Radius	0.011	0.011	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
54. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	0.299	0.299	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
55. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0181	0.0181	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7
56. Straight Pipe 20.0 ft Horiz	0.299	0.299	0.0	0.0	0.022	0.0	268.7

# Fittings Report

57. Straight Pipe 11.6 ft Horiz	0.1734	0.1734	0.0	0.0	0.0598	3.086	252.4	252.2
58. Split/Join Tee Line Flow > 1.61 in	0.0001	0.0001	0.0	0.0	0.0001	3.086	252.4	252.2
59. Straight Pipe 4.4 ft Horiz	0.0552	0.0552	0.0	0.0	0.0421	3.086	252.2	252.1
60. Straight Pipe 17.5 ft Horiz	0.2194	0.2194	0.0	0.0	0.0421	3.086	252.1	251.9
61. Blanked-off Tee Line Flow	0.008	0.008	0.0	0.0	0.0421	3.086	251.9	251.8
62. Straight Pipe 10.0 ft Horiz	0.1254	0.1254	0.0	0.0	0.0421	3.086	251.8	251.8
63. Split/Join Tee Line Flow > 1.61 in	-0.0207	-0.0207	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.8	251.8
64. Straight Pipe 4.16 ft Horiz	0.0335	0.0335	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.8	251.8
65. Straight Pipe 0.83 ft Horiz	0.0007	0.0007	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.8	251.8
66. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.8	251.8
67. Straight Pipe 0.66 ft Horiz	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.8	251.8
68. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.8	251.8
69. Straight Pipe 30.0 ft Horiz	0.4029	0.4029	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.8	251.8
70. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.8	251.8
71. Straight Pipe 2.0 ft Up	0.839	0.839	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.4	251.4
72. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.4	251.4
73. Straight Pipe 8.75 ft Horiz	0.0705	0.0705	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.4	251.4
74. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.4	251.4
75. Straight Pipe 2.0 ft Down	-0.8068	-0.8068	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.4	251.4
76. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.4	251.4
77. Straight Pipe 7.16 ft Horiz	0.0577	0.0577	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.2	251.2
78. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.2	251.2
79. Straight Pipe 2.0 ft Down	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.2	251.2
80. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.2	251.2
81. Straight Pipe 2.33 ft Horiz	0.0188	0.0188	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.2	251.2
82. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.2	251.2
83. Straight Pipe 3.41 ft Down	-1.376	-1.376	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.2	251.2
84. Straight Pipe 0.75 ft Down	-0.3026	-0.3026	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.2	251.2
85. Blanked-off Tee Line Flow	0.0033	0.0033	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.2	251.2
86. Straight Pipe 0.64 ft Down	0.2521	0.2521	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.2	251.2
87. Blanked-off Tee Line Flow	0.0033	0.0033	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.2	251.2
88. Straight Pipe 1.75 ft Down	-0.706	-0.706	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.2	251.2
89. Gate Valve - Disc Type	0.0041	0.0041	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.2	251.2
90. Straight Pipe 2.5 ft Down	-1.009	-1.009	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.2	251.2
91. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.2	251.2
92. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	0.0081	0.0081	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.2	251.2
93. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	3.086	251.2	251.2

Total Static Pressure Drop: 14.44 psi  
 Total Friction Pressure Drop: 15.87 psi  
 Total Kinetic Pressure Drop: 0.0174 psi  
 Total Elevation Pressure Drop: -1.455 psi

Inlet Reynolds Number: 0.0

## Notes:

1. Pressure Recovery always calculated for flow meters.
2. Reducer Fitting based on CRANE, not on Exxon DPs.



# Fittings Report

## Process Data

Minimum Outlet Pressure	5.0 psia			
Maximum Inlet Pressure	300.0 psia			
Temperature	degF			
Pressure	270.0 psia			
Wt. Fraction Vapor	0.0			
Property		Total	Liquid	Vapor
Mass Flow (lb/h)		8764.3	8764.3	0.0
Molecular Weight		0.0		0.0
Enthalpy (Btu/lb)		0.0		0.0
Density (SEGR)		0.0	0.95	0.0
Specific Gravity @STP				0.0
Compressibility (Z)				0.0
Heat Capacity (Btu/lb.F)				0.0
Dynamic Viscosity (cP)			20.0	0.0
Kinematic Viscosity (cSt)				0.0
Thermal Conductivity (Btu/h.ft.F)				0.0
Surface Tension (dyn/cm)				0.0
Cp/Cv (actual)				0.0
Cp/Cv (ideal)				0.0
Saturation Pressure (psia)				0.0

## Case Notes

Inlet losses @ min. flow rate for PTC-116. Real estimated viscosity of 7.37 cP; watch transition zone flow warning (DP XIV-B) - 30 cP viscosity used (less than 0.5 psi diff.). Calculation by DXSANCH.

# ANEXO 3M: Cálculo de Caídas de Presión (Pérdidas Aguas Abajo a Flujo Mínimo).

## Fittings Report

Outlet losses @ min. flow rate for PIC-116

### Fitting Summary Data

Forward Calculation Mode - Inlet Conditions Specified

Fitting Name	Outlet Diameter in	Outlet Flow lb/h	K	Outlet Density SEGR	Outlet Velocity ft/s	Inlet Temperature degF	Friction Factor
1. Pipeline Entrance - Well-Rounded 1.61 in	1.61	4723.1	0.04	0.95	1.572		0.005
2. Straight Pipe 0.83 ft Horiz	1.61	4723.1	0.4262	0.95	1.572		0.0172
3. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.005
4. Straight Pipe 4.5 ft Up	1.61	4723.1	2.311	0.95	1.572		0.0172
5. Gate Valve - Disc Type	1.61	4723.1	0.2623	0.95	1.572		0.005
6. Straight Pipe 1.5 ft Horiz	1.61	4723.1	0.2703	0.95	1.572		0.0172
7. Straight Pipe 5.0 ft Horiz	1.61	4723.1	2.568	0.95	1.572		0.0172
8. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.005
9. Straight Pipe 6.66 ft Horiz	1.61	4723.1	3.42	0.95	1.572		0.0172
10. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.005
11. Straight Pipe 2.0 ft Up	1.61	4723.1	1.027	0.95	1.572		0.0172
12. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.005
13. Blanked-off Tee Line Flow	1.61	4723.1	0.2101	0.95	1.572		0.0172
14. Straight Pipe 248.0 ft Horiz	1.61	4723.1	127.4	0.95	1.572		0.0172
15. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.005
16. Straight Pipe 9.5 ft Down	1.61	4723.1	4.879	0.95	1.572		0.0172
17. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.005
18. Straight Pipe 103.0 ft Horiz	1.61	4723.1	52.9	0.95	1.572		0.0172
19. Elbow - 45 Degree Long Radius	1.61	4723.1	0.2031	0.95	1.572		0.005
20. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	1.61	4723.1	0.5136	0.95	1.572		0.0172
21. Elbow - 45 Degree Long Radius	1.61	4723.1	0.2031	0.95	1.572		0.005
22. Straight Pipe 3.0 ft Horiz	1.61	4723.1	1.541	0.95	1.572		0.0172
23. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.005
24. Straight Pipe 0.66 ft Down	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.0172
25. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.005
26. Straight Pipe 2.5 ft Horiz	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.0172
27. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.005
28. Straight Pipe 0.66 ft Up	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.0172
29. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	4723.1	0.336	0.95	1.572		0.005
30. Sudden Enlargement > 2.067 in	2.067	4723.1	0.1347	0.95	0.9536		0.005
31. Fixed PDPop - metros, pascones, valvulas	2.067	4723.1	0.95	0.95	0.9536		0.0047
32. Straight Pipe 5.58 ft Horiz	2.067	4723.1	2.866	0.95	0.9536		0.0221
33. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	4723.1	0.2963	0.95	0.9536		0.0047
34. Straight Pipe 0.66 ft Down	2.067	4723.1	0.3389	0.95	0.9536		0.0221
35. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	4723.1	0.2963	0.95	0.9536		0.0047
36. Straight Pipe 1.66 ft Horiz	2.067	4723.1	0.8525	0.95	0.9536		0.0221
37. Blanked-off Tee Line Flow	2.067	4723.1	0.1871	0.95	0.9536		0.0047
38. Straight Pipe 3.66 ft Horiz	2.067	4723.1	1.88	0.95	0.9536		0.0221
39. Check Valve - Conventional Swing	2.067	4723.1	2.564	0.95	0.9536		0.0047
40. Gate Valve - Disc Type	2.067	4723.1	0.2469	0.95	0.9536		0.0047
41. Blanked-off Tee Branch Flow	2.067	4723.1	0.7923	0.95	0.9536		0.0047
42. Straight Pipe 1.25 ft Horiz	2.067	4723.1	0.6419	0.95	0.9536		0.0221



# Fittings Report

Fitting Name	DeltaP psi	Friction DeltaP psi	Kinetic DeltaP psi	Elevation DeltaP psi	Outlet Kinetic psi	Outlet Elevation psi	Outlet Kinetic psi	Outlet Elevation psi	Inlet Kinetic psi	Outlet Kinetic psi
1. Pipeline Entrance - Well-Rounded 1.61 in	0.018	6.276E-04	0.0174	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	270.0	270.0
2. Straight Pipe 0.83 ft Horiz	0.0007	0.0007	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	270.0	270.0
3. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	270.0	270.0
4. Straight Pipe 4.5 ft Up	1.888	0.0063	0.0	1.852	0.0174	1.852	0.0174	1.852	268.1	268.1
5. Gate Valve - Disc Type	0.0041	0.0041	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.1	268.1
6. Straight Pipe 1.5 ft Horiz	0.0121	0.0121	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.1	268.1
7. Straight Pipe 5.0 ft Horiz	0.0403	0.0403	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.1	268.1
8. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.1	268.1
9. Straight Pipe 2.66 ft Horiz	0.0037	0.0037	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.1	268.1
10. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.1	268.1
11. Straight Pipe 2.0 ft Up	0.839	0.0161	0.0	0.8229	0.0174	1.852	0.0174	1.852	268.0	268.0
12. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.1	268.1
13. Blanked-off Tee Line Flow	0.0033	0.0033	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	267.1	267.1
14. Straight Pipe 248.0 ft Horiz	1.998	1.998	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	267.1	267.1
15. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	265.1	265.1
16. Straight Pipe 9.5 ft Down	3.032	0.0763	0.0	-3.909	0.0174	2.674	0.0174	2.674	265.1	265.1
17. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.9	268.9
18. Straight Pipe 103.0 ft Horiz	0.8299	0.8299	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.9	268.9
19. Elbow - 45 Degree Long Radius	0.0032	0.0032	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.1	268.1
20. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	0.0081	0.0081	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.1	268.1
21. Elbow - 45 Degree Long Radius	0.0032	0.0032	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.1	268.1
22. Straight Pipe 3.0 ft Horiz	0.0242	0.0242	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.1	268.1
23. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.1	268.1
24. Straight Pipe 0.66 ft Down	-0.2662	0.0033	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.1	268.1
25. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	-0.2716	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.1	268.1
26. Straight Pipe 2.5 ft Horiz	0.0201	0.0201	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.3	268.3
27. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.3	268.3
28. Straight Pipe 0.66 ft Up	0.2769	0.0053	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.3	268.3
29. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0053	0.0053	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.3	268.3
30. Sudden Enlargement 3.067 in	-0.0006	0.0024	0.0	0.0	0.0174	0.0	0.0174	0.0	268.0	268.0
31. Fixed PDrop - metros, pascones, valvulas	5.005	5.0	0.0052	0.0	0.0116	0.0	0.0116	0.0	268.0	268.0
32. Straight Pipe 5.58 ft Horiz	0.0113	0.0165	-0.0052	0.0	0.0064	0.0	0.0064	0.0	263.0	263.0
33. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0017	0.0017	0.0	0.0	0.0064	0.0	0.0064	0.0	263.0	263.0
34. Straight Pipe 0.66 ft Down	-0.2696	0.002	0.0	-0.2716	0.0064	0.0	0.0064	0.0	263.0	263.0
35. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0017	0.0017	0.0	0.0	0.0064	0.0	0.0064	0.0	263.3	263.3
36. Straight Pipe 1.66 ft Horiz	0.0049	0.0049	0.0	0.0	0.0064	0.0	0.0064	0.0	263.3	263.3
37. Blanked-off Tee Line Flow	0.0011	0.0011	0.0	0.0	0.0064	0.0	0.0064	0.0	263.3	263.3
38. Straight Pipe 3.66 ft Horiz	0.0109	0.0109	0.0	0.0	0.0064	0.0	0.0064	0.0	263.3	263.3
39. Check Valve - Conventional Swing	0.0148	0.0148	0.0	0.0	0.0064	0.0	0.0064	0.0	263.3	263.3
40. Gate Valve - Disc Type	0.0014	0.0014	0.0	0.0	0.0064	0.0	0.0064	0.0	263.2	263.2
41. Blanked-off Tee Branch Flow	0.0046	0.0046	0.0	0.0	0.0064	0.0	0.0064	0.0	263.2	263.2
42. Straight Pipe 1.25 ft Horiz	0.0089	0.0037	0.0052	0.0	0.0116	0.0	0.0116	0.0	263.2	263.2

Total Static Pressure Drop: 6.771 psi  
Total Friction Pressure Drop: 8.266 psi  
Total Kinetic Pressure Drop: 0.0116 psi  
Total Elevation Pressure Drop: -1.506 psi

Inlet Reynolds Number: 0.0

# Fittings Report

## Notes:

1. Pressure Recovery always calculated for Flow Meters.
2. Reducer Fitting Based on CRANE, not on Exxon DPs.

## Process Data

Minimum Outlet Pressure	14.1 psia		
Maximum Inlet Pressure	5000.0 psia		
Temperature	degF		
Pressure	270.0 psia		
Wt. Fraction Vapor	0.0		
Property			
Mass Flow (lb/h)	4723.1	Liquid	0.0
Molecular Weight	0.0	Vapor	0.0
Enthalpy (Btu/lb)	0.0		0.0
Density (lb/cu ft)	0.0		0.0
Specific Gravity @STP	0.0		0.0
Compressibility (Z)			0.0
Heat Capacity (Btu/lb.F)			0.0
Dynamic Viscosity (cP)			0.0
Kinematic Viscosity (cSt)	20.0		0.0
Thermal Conductivity (Btu/h.ft.F)			0.0
Surface Tension (dyn/cm)			0.0
Cp/Cv (actual)			
Cp/Cv (ideal)			0.0
Saturation Pressure (psia)			

## Case Notes

Outlet losses @ min. flow rate for PIC-116. Real estimated viscosity of 7.37 cP; watch transition zone flow warning (DP XIV-B). 20 cP viscosity used (less than 1.5 psi diff.). Calculations by DXSANCH.



# ANEXO 3M: Cálculo de Caídas de Presión (Pérdidas Aguas Arriba a Flujo Normal).

Fittings Report

Inlet losses norm. flow rate for PIC-116

## Fitting Summary Data

Forward Calculation Mode - Inlet Conditions Specified

Fitting Name	Outlet Diameter in	Inlet Flow lb/h	K	Outlet Density SGSG	Outlet Velocity ft/s	Inlet Temperature degf	Friction Factor
1. Pipeline Entrance - Sharp-Edged 2.067 in	2.067	11122.2	0.5	0.95	2.246		0.0047
2. Straight Pipe 1.92 ft Horiz	2.067	11122.2	0.4236	0.95	2.246		0.0095
3. Blank-off Tee Line Flow	2.067	11122.2	0.1871	0.95	2.246		0.0047
4. Check Valve - Conventional Swing	2.067	11122.2	2.564	0.95	2.246		0.0047
5. Gate Valve - Disc Type	2.067	11122.2	0.2469	0.95	2.246		0.0047
6. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	11122.2	0.2963	0.95	2.246		0.0095
7. Straight Pipe 4.75 ft Horiz	2.067	11122.2	0.2377	0.95	2.246		0.0047
8. Gate Valve - Disc Type	2.067	11122.2	0.2469	0.95	2.246		0.0047
9. Blank-off Tee Branch Flow	2.067	11122.2	0.7923	0.95	2.246		0.0047
10. Straight Pipe 7.58 ft Horiz	2.067	11122.2	1.672	0.95	2.246		0.0095
11. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	11122.2	0.2963	0.95	2.246		0.0047
12. Straight Pipe 2.42 ft Up	2.067	11122.2	0.534	0.95	2.246		0.0095
13. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	11122.2	0.2963	0.95	2.246		0.0047
14. Straight Pipe 2.42 ft Horiz	2.067	11122.2	0.534	0.95	2.246		0.0095
15. Blank-off Tee Branch Flow	2.067	11122.2	0.7923	0.95	2.246		0.0047
16. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	2.067	11122.2	0.2206	0.95	2.246		0.0095
17. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	11122.2	0.2963	0.95	2.246		0.0047
18. Straight Pipe 2.42 ft Down	2.067	11122.2	0.534	0.95	2.246		0.0095
19. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	11122.2	0.2963	0.95	2.246		0.0047
20. Straight Pipe 2.75 ft Horiz	2.067	11122.2	0.534	0.95	2.246		0.0095
21. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	11122.2	0.2963	0.95	2.246		0.0047
22. Straight Pipe 0.83 ft Horiz	2.067	11122.2	0.1231	0.95	2.246		0.0095
23. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	11122.2	0.2963	0.95	2.246		0.0047
24. Straight Pipe 5.58 ft Horiz	2.067	11122.2	1.231	0.95	2.246		0.0095
25. Fixed PDrop - metros, pascones, valvulas	2.067	11122.2	0.1444	0.95	2.246		0.0047
26. sudden contraction > 1.61 in	1.61	11122.2	0.336	0.95	3.701		0.005
27. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	11122.2	0.336	0.95	3.701		0.005
28. Straight Pipe 0.66 ft Down	1.61	11122.2	0.1772	0.95	3.701		0.009
29. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	11122.2	0.336	0.95	3.701		0.005
30. Straight Pipe 1.16 ft Horiz	1.61	11122.2	0.3115	0.95	3.701		0.009
31. Blank-off Tee Branch Flow	1.61	11122.2	0.8523	0.95	3.701		0.005
32. Straight Pipe 0.83 ft Up	1.61	11122.2	0.2229	0.95	3.701		0.009
33. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	11122.2	0.336	0.95	3.701		0.005
34. Straight Pipe 105.0 ft Horiz	1.61	11122.2	28.2	0.95	3.701		0.009
35. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	11122.2	0.336	0.95	3.701		0.005
36. Straight Pipe 9.33 ft Up	1.61	11122.2	2.506	0.95	3.701		0.009
37. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	11122.2	0.336	0.95	3.701		0.005
38. Straight Pipe 248.0 ft Horiz	1.61	11122.2	86.6	0.95	3.701		0.009
39. Blank-off Tee Line Flow	1.61	11122.2	0.2101	0.95	3.701		0.005
40. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	11122.2	0.336	0.95	3.701		0.005
41. Straight Pipe 1.5 ft Down	1.61	11122.2	0.4028	0.95	3.701		0.009
42. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	11122.2	0.336	0.95	3.701		0.005
43. Straight Pipe 93.58 ft Horiz	1.61	11122.2	25.13	0.95	3.701		0.009
44. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	11122.2	0.336	0.95	3.701		0.005
45. Straight Pipe 14.16 ft Horiz	1.61	11122.2	3.803	0.95	3.701		0.009

# Fittings report

Fitting Name	DeltaP psi	Friction DeltaP psi	Kinetic DeltaP psi	Elevation DeltaP psi	Outlet KineticP psia	Outlet ElevationP psia	Inlet StaticP psia	Outlet StaticP psia
46. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	11122.2	0.336	0.95	3.701		0.005	
47. Straight Pipe 1.16 ft Down	1.61	11122.2	0.336	0.95	3.701		0.005	
48. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	11122.2	0.336	0.95	3.701		0.005	
49. Straight Pipe 15.66 ft Horiz	1.61	11122.2	4.206	0.95	3.701		0.009	
50. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	11122.2	0.336	0.95	3.701		0.005	
51. Straight Pipe 80.58 ft Horiz	1.61	11122.2	21.94	0.95	3.701		0.009	
52. Elbow - 45 Degree Long Radius	1.61	11122.2	0.2031	0.95	3.701		0.005	
53. Straight Pipe 1.91 ft Horiz	1.61	11122.2	0.5129	0.95	3.701		0.009	
54. Elbow - 45 Degree Long Radius	1.61	11122.2	0.2031	0.95	3.701		0.005	
55. Straight Pipe 20.0 ft Horiz	1.61	11122.2	0.2686	0.95	3.701		0.009	
56. Straight Pipe 11.6 ft Horiz	1.61	11122.2	5.371	0.95	3.701		0.005	
57. Straight Pipe 11.6 ft Horiz	1.61	11122.2	3.115	0.95	3.701		0.009	
58. Split/Join-Tee Line Flow > 1.61 in	1.61	11122.2		0.95	3.701		0.009	
59. Straight Pipe 4.4 ft Horiz	1.61	9905.8	1.215	0.95	3.297		0.003	
60. Straight Pipe 17.5 ft Horiz	1.61	9905.8	4.833	0.95	3.297		0.0093	
61. Blanked-off Tee Line Flow	1.61	9905.8	0.2101	0.95	3.297		0.005	
62. Straight Pipe 10.0 ft Horiz	1.61	9905.8	3.762	0.95	3.297		0.0093	
63. Split/Join-Tee Line Flow > 1.61 in	1.61	9905.8		0.95	2.545		0.005	
64. Straight Pipe 4.16 ft Horiz	1.61	7646.9	1.225	0.95	2.545		0.0099	
65. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.2444	0.95	2.545		0.0099	
66. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545		0.0099	
67. Straight Pipe 0.66 ft Horiz	1.61	7646.9	0.1944	0.95	2.545		0.005	
68. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545		0.0099	
69. Straight Pipe 50.0 ft Horiz	1.61	7646.9	14.72	0.95	2.545		0.005	
70. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545		0.005	
71. Straight Pipe 2.0 ft Up	1.61	7646.9	0.589	0.95	2.545		0.0099	
72. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545		0.005	
73. Straight Pipe 8.75 ft Horiz	1.61	7646.9	2.577	0.95	2.545		0.005	
74. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545		0.005	
75. Straight Pipe 2.0 ft Down	1.61	7646.9	0.589	0.95	2.545		0.0099	
76. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545		0.005	
77. Straight Pipe 7.16 ft Horiz	1.61	7646.9	2.109	0.95	2.545		0.005	
78. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545		0.0099	
79. Straight Pipe 2.0 ft Down	1.61	7646.9	0.589	0.95	2.545		0.005	
80. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545		0.0099	
81. Straight Pipe 2.33 ft Horiz	1.61	7646.9	0.6862	0.95	2.545		0.005	
82. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545		0.0099	
83. Straight Pipe 3.41 ft Down	1.61	7646.9	1.004	0.95	2.545		0.005	
84. Straight Pipe 0.75 ft Down	1.61	7646.9	0.2209	0.95	2.545		0.0099	
85. Blanked-off Tee Line Flow	1.61	7646.9	0.2101	0.95	2.545		0.005	
86. Straight Pipe 0.625 ft Down	1.61	7646.9	0.1841	0.95	2.545		0.0099	
87. Blanked-off Tee Line Flow	1.61	7646.9	0.2101	0.95	2.545		0.005	
88. Straight Pipe 1.75 ft Down	1.61	7646.9	0.5151	0.95	2.545		0.0099	
89. Gate Valve - Disc Type	1.61	7646.9	0.2623	0.95	2.545		0.005	
90. Straight Pipe 2.5 ft Down	1.61	7646.9	0.7362	0.95	2.545		0.0099	
91. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545		0.005	
92. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	1.61	7646.9	0.2945	0.95	2.545		0.0099	
93. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545		0.005	



# Fittings Report

1. Pipeline Entrance - Sharp-Edged 2.067 in	0.0515	0.016	0.0355	0.0	0.0355	0.0	270.0	269.9
2. Straight Pipe 1.5 ft Horiz	0.0136	0.0036	0.0	0.0	0.00355	0.0	269.9	269.9
3. Blanked-off Tee Line Flow	0.006	0.006	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
4. Check Valve - Conventional Swing	0.0821	0.0821	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
5. Gate Valve - Disc Type	0.0079	0.0079	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
6. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0095	0.0095	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
7. Straight Pipe 4.25 ft Horiz	0.03	0.03	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
8. Gate Valve - Disc Type	0.0079	0.0079	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
9. Blanked-off Tee Branch Flow	0.0254	0.0254	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
10. Straight Pipe 7.58 ft Horiz	0.0536	0.0536	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
11. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0095	0.0095	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
12. Straight Pipe 2.42 ft Up	1.013	1.013	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
13. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0095	0.0095	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
14. Straight Pipe 2.42 ft Horiz	0.0171	0.0171	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
15. Blanked-off Tee Branch Flow	0.0254	0.0254	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
16. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	0.0071	0.0071	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
17. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0095	0.0095	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
18. Straight Pipe 2.42 ft Down	-0.9786	0.0171	0.0	-0.9957	0.0355	0.0	269.9	269.9
19. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0095	0.0095	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
20. Straight Pipe 2.75 ft Horiz	0.0194	0.0194	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
21. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0095	0.0095	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
22. Straight Pipe 0.66 ft Up	0.0262	0.0047	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
23. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0095	0.0095	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
24. Straight Pipe 5.58 ft Horiz	0.0394	0.0394	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
25. Fixed PDOP - meters, pascones, valves	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
26. Sudden Contraction > 1.61 in	0.0745	0.0745	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
27. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0292	0.0292	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
28. Straight Pipe 0.66 ft Down	-0.2561	0.0154	0.0	-0.2716	0.0355	0.0	269.9	269.9
29. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0292	0.0292	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
30. Straight Pipe 1.16 ft Horiz	0.0271	0.0271	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
31. Blanked-off Tee Branch Flow	0.0742	0.0742	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
32. Straight Pipe 0.83 ft Up	0.3609	0.0194	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
33. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0292	0.0292	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
34. Straight Pipe 105.0 ft Horiz	2.453	2.453	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
35. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0292	0.0292	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
36. Straight Pipe 9.33 ft Up	4.057	0.218	0.0	3.839	0.0355	0.0	269.9	269.9
37. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0292	0.0292	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
38. Straight Pipe 248.0 ft Horiz	5.795	5.795	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
39. Blanked-off Tee Line Flow	0.0183	0.0183	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
40. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0292	0.0292	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
41. Straight Pipe 1.5 ft Down	-0.5821	0.035	0.0	-0.6172	0.0355	0.0	269.9	269.9
42. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0292	0.0292	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
43. Straight Pipe 93.58 ft Horiz	2.187	2.187	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
44. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0292	0.0292	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
45. Straight Pipe 14.16 ft Horiz	0.3309	0.3309	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
46. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0292	0.0292	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
47. Straight Pipe 1.16 ft Down	-0.4502	0.0271	0.0	-0.4773	0.0355	0.0	269.9	269.9
48. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0292	0.0292	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
49. Straight Pipe 15.66 ft Horiz	0.3659	0.3659	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
50. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0292	0.0292	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
51. Straight Pipe 80.58 ft Horiz	1.883	1.883	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
52. Elbow - 45 Degree Long Radius	0.0177	0.0177	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
53. Straight Pipe 1.91 ft Horiz	0.0445	0.0445	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
54. Elbow - 45 Degree Long Radius	0.0177	0.0177	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9
55. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	0.0234	0.0234	0.0	0.0	0.0355	0.0	269.9	269.9

# Fittings Report

56. Straight Pipe 20.0 ft Horiz	0.4673	0.4673	0.0	0.0	0.0964	3.086	247.5	247.0
57. Straight Pipe 11.6 ft Horiz	0.271	0.271	0.0	0.0	0.0964	3.086	247.0	246.7
58. Split/Join Tee Line Flow > 1.61 in	-0.0177	-0.0604	0.0426	0.0	0.139	3.086	246.8	246.7
59. Straight Pipe 4.4 ft Horiz	0.0213	0.0839	-0.0625	0.0	0.0764	3.086	246.7	246.4
60. Straight Pipe 17.5 ft Horiz	0.3335	0.3335	0.0	0.0	0.0764	3.086	246.4	246.4
61. Blanked-off Tee Line Flow	0.0143	0.1906	0.0	0.0	0.0764	3.086	246.4	246.2
62. Straight Pipe 10.0 ft Horiz	0.1906	-0.0332	0.0064	0.0	0.0828	3.086	246.2	246.2
63. Split/Join Tee Line Flow > 1.61 in	-0.0268	0.0504	-0.0373	0.0	0.0455	3.086	246.2	246.2
64. Straight Pipe 4.16 ft Horiz	0.0131	0.0101	0.0	0.0	0.0455	3.086	246.2	246.2
65. Straight Pipe 0.03 ft Horiz	0.0101	0.0138	0.0	0.0	0.0455	3.086	246.2	246.2
66. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0138	0.008	0.0	0.0	0.0455	3.086	246.2	246.2
67. Straight Pipe 0.66 ft Horiz	0.008	0.0138	0.0	0.0	0.0455	3.086	246.2	246.2
68. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0138	0.0138	0.0	0.0	0.0455	3.086	246.2	246.2
69. Straight Pipe 50.0 ft Horiz	0.6056	0.6056	0.0	0.0	0.0455	3.086	246.2	245.6
70. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0138	0.0138	0.0	0.0	0.0455	3.086	245.6	245.5
71. Straight Pipe 2.0 ft Up	0.8471	0.0242	0.0	0.8229	0.0455	3.086	245.5	244.7
72. Blanked-off Tee Line Flow	0.0138	0.0138	0.0	0.0	0.0455	3.086	244.7	244.7
73. Straight Pipe 8.75 ft Horiz	0.106	0.106	0.0	0.0	0.0455	3.086	244.7	244.6
74. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0138	0.0138	0.0	0.0	0.0455	3.086	244.6	244.6
75. Straight Pipe 2.0 ft Down	-0.7987	0.0242	0.0	-0.8229	0.0455	3.086	244.6	245.4
76. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0138	0.0138	0.0	0.0	0.0455	3.086	245.4	245.3
77. Straight Pipe 7.16 ft Horiz	0.0867	0.0867	0.0	0.0	0.0455	3.086	245.3	245.3
78. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0138	0.0138	0.0	0.0	0.0455	3.086	245.3	245.2
79. Straight Pipe 2.0 ft Down	-0.7987	0.0242	0.0	-0.8229	0.0455	3.086	245.2	245.2
80. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0138	0.0138	0.0	0.0	0.0455	3.086	245.2	245.2
81. Straight Pipe 2.33 ft Horiz	0.0282	0.0282	0.0	0.0	0.0455	3.086	245.2	245.2
82. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0138	0.0138	0.0	0.0	0.0455	3.086	245.2	245.2
83. Straight Pipe 3.41 ft Down	-1.323	0.0138	0.0	0.0	0.0455	3.086	245.2	245.2
84. Straight Pipe 0.75 ft Down	-0.2395	0.0091	0.0	-1.403	0.0455	3.086	245.2	245.2
85. Blanked-off Tee Line Flow	0.0086	0.0086	0.0	-0.3086	0.0455	3.086	245.2	247.4
86. Straight Pipe 0.625 ft Down	-0.2496	0.0076	0.0	0.0	0.0455	3.086	247.4	247.6
87. Blanked-off Tee Line Flow	0.0086	0.0086	0.0	-0.2572	0.0455	3.086	247.6	247.9
88. Straight Pipe 1.75 ft Down	-0.6989	0.0212	0.0	0.0	0.0455	3.086	247.9	247.9
89. Gate Valve - Disc Type	0.0108	0.0108	0.0	-0.7201	0.0455	3.086	247.9	248.6
90. Straight Pipe 2.5 ft Down	-0.9984	0.0303	0.0	0.0	0.0455	3.086	248.6	248.6
91. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0138	0.0138	0.0	-1.029	0.0455	3.086	248.6	248.6
92. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	0.0121	0.0121	0.0	0.0	0.0455	3.086	249.6	249.6
93. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0511	0.0138	0.0373	0.0	0.0455	3.086	249.6	249.5

Total Static Pressure Drop: 20.51 psi  
Total Friction Pressure Drop: 21.00 psi  
Total Kinetic Pressure Drop: 0.0828 psi  
Total Elevation Pressure Drop: -1.455 psi  
Inlet Reynolds Number: 0.0

## Notes:

1. Pressure Recovery always calculated for Flow Meters.
2. Reducer Fitting based on CRANE, not on Exxon DPs.



# Fittings Report

## Process Data

Minimum Outlet Pressure	5.0 psia		
Maximum Inlet Pressure	300.0 psia		
Temperature	degF		
Pressure	270.0 psia		
Wt. Fraction Vapor	0.0		
Property		Total	
Mass Flow (lb/h)		11122.2	
Molecular Weight		0	
Enthalpy (Btu/lb)		0.0	
Density (SPGR)		0.95	
Specific Gravity @STP			
Compressibility (rs)			
Heat Capacity (Btu/lb.F)			
Dynamic Viscosity (cP)			
Kinematic Viscosity (cSt)		7.4	
Thermal Conductivity (Btu/h.ft.F)			
Surface Tension (dyn/cm)			
Cp/Cv (actual)			
Cp/Cv (ideal)			0.0
Saturation Pressure (psia)			

Water  
0.0  
0.0  
0.0  
0.0  
0.0  
0.0  
0.0  
0.0  
0.0

Vapor  
0.0

Liquid  
11122.2

Total  
11122.2  
0  
0.0

## Case Notes

Inlet Losses @  $NOM$  flow rate for PIC-116. Calculation by DXSANCH.

# ANEXO 3M: Cálculo de Caídas de Presión (Pérdidas Aguas Abajo a Flujo Normal).

Fittings Report

Outlet losses @ nom. flow rate of PIC-116

Fitting Summary Data

Forward Calculation Mode - Inlet Conditions Specified

Fitting Name

	Outlet Diameter in	Inlet Flow lb/h	%	Outlet Density SPGR	Outlet Velocity ft/s	Inlet Temperature degF	Friction Factor
1. Pipeline Entrance - Wall-Bounded 1.61 in	1.61	7646.9	0.04	0.95	2.545	2.545	0.005
2. Straight Pipe 0.83 ft Horiz	1.61	7646.9	0.2633	0.95	2.545	2.545	0.0106
3. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545	2.545	0.005
4. Straight Pipe 4.5 ft Up	1.61	7646.9	1.427	0.95	2.545	2.545	0.0106
5. Gate Valve - Disc Type	1.61	7646.9	0.8223	0.95	2.545	2.545	0.005
6. Straight Pipe 1.5 ft Horiz	1.61	7646.9	0.4758	0.95	2.545	2.545	0.0106
7. Straight Pipe 5.0 ft Horiz	1.61	7646.9	1.586	0.95	2.545	2.545	0.0106
8. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545	2.545	0.005
9. Straight Pipe 6.66 ft Horiz	1.61	7646.9	2.113	0.95	2.545	2.545	0.0106
10. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545	2.545	0.005
11. Straight Pipe 2.0 ft Up	1.61	7646.9	0.6344	0.95	2.545	2.545	0.0106
12. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545	2.545	0.005
13. Blanked-off Tee Line Flow	1.61	7646.9	0.2101	0.95	2.545	2.545	0.005
14. Straight Pipe 248.0 ft Horiz	1.61	7646.9	78.67	0.95	2.545	2.545	0.0106
15. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545	2.545	0.005
16. Straight Pipe 9.5 ft Down	1.61	7646.9	3.013	0.95	2.545	2.545	0.0106
17. Blanked-off Tee Line Flow	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545	2.545	0.005
18. Straight Pipe 103.0 ft Horiz	1.61	7646.9	32.67	0.95	2.545	2.545	0.0106
19. Elbow - 45 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.2031	0.95	2.545	2.545	0.005
20. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	1.61	7646.9	0.3172	0.95	2.545	2.545	0.0106
21. Elbow - 45 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.2031	0.95	2.545	2.545	0.005
22. Straight Pipe 3.0 ft Horiz	1.61	7646.9	0.9516	0.95	2.545	2.545	0.0106
23. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545	2.545	0.005
24. Straight Pipe 0.66 ft Down	1.61	7646.9	0.2094	0.95	2.545	2.545	0.0106
25. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545	2.545	0.005
26. Straight Pipe 2.5 ft Horiz	1.61	7646.9	0.793	0.95	2.545	2.545	0.0106
27. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545	2.545	0.005
28. Straight Pipe 0.66 ft Up	1.61	7646.9	0.2094	0.95	2.545	2.545	0.0106
29. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	7646.9	0.336	0.95	2.545	2.545	0.005
30. Sudden Enlargement > 2.067 in	2.067	7646.9	0.1547	0.95	1.544	1.544	0.005
31. Fixed PDrop - metres, pascones, valvulas	2.067	7646.9		0.95	1.544	1.544	0.0047
32. Straight Pipe 5.58 ft Horiz	2.067	7646.9	1.77	0.95	1.544	1.544	0.0137
33. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	7646.9	0.2963	0.95	1.544	1.544	0.0047
34. Straight Pipe 0.66 ft Down	2.067	7646.9	0.2094	0.95	1.544	1.544	0.0137
35. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	7646.9	0.2963	0.95	1.544	1.544	0.0047
36. Straight Pipe 1.66 ft Horiz	2.067	7646.9	0.5265	0.95	1.544	1.544	0.0137
37. Blanked-off Tee Line Flow	2.067	7646.9	0.1871	0.95	1.544	1.544	0.0047
38. Straight Pipe 3.66 ft Horiz	2.067	7646.9	1.161	0.95	1.544	1.544	0.0137
39. Check Valve - Disc Type	2.067	7646.9	2.564	0.95	1.544	1.544	0.0047
40. Gate Valve - Disc Type	2.067	7646.9	0.2469	0.95	1.544	1.544	0.0047
41. Blanked-off Tee Branch Flow	2.067	7646.9	0.7323	0.95	1.544	1.544	0.0047
42. Straight Pipe 1.25 ft Horiz	2.067	7646.9	0.3965	0.95	1.544	1.544	0.0137

# Fittings Report

Fitting Name	DeltaP psi	Friction DeltaP psi	Kinetic DeltaP psi	Elevation DeltaP psi	Outlet Kinetic PSIA	Outlet Friction PSIA	Inlet Static PSIA	Outlet Static PSIA
1. Pipeline Entrance - Well-Rounded 1.61 in	0.0472	0.0016	0.0455	0.0	0.0455	0.0	270.0	270.0
2. Straight Pipe 0.92 ft Horiz	0.0108	0.0138	0.0	0.0	0.0455	0.0	270.0	269.9
3. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0138	0.0138	0.0	0.0	0.0455	0.0	269.9	268.0
4. Straight Pipe 4.5 ft Up	1.31	0.0108	0.0	1.852	0.0455	1.852	268.0	268.0
5. Gate Valve - Disc Type	0.0108	0.0108	0.0	0.0	0.0455	1.852	268.0	267.9
6. Straight Pipe 1.3 ft Horiz	0.0196	0.0196	0.0	0.0	0.0455	1.852	268.0	267.9
7. Straight Pipe 5.0 ft Horiz	0.0652	0.0652	0.0	0.0	0.0455	1.852	267.9	267.8
8. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0138	0.0138	0.0	0.0	0.0455	1.852	267.8	267.8
9. Straight Pipe 6.66 ft Horiz	0.0869	0.0869	0.0	0.0	0.0455	1.852	267.8	267.8
10. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0138	0.0138	0.0	0.0	0.0455	1.852	267.8	267.8
11. Straight Pipe 2.0 ft Up	0.849	0.0261	0.0	0.8229	0.0455	2.674	267.0	266.9
12. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0138	0.0138	0.0	0.0	0.0455	2.674	266.9	266.9
13. Blanked-off Tee Line Flow	0.0045	0.0045	0.0	0.0	0.0455	2.674	266.9	266.9
14. Straight Pipe 248.0 ft Horiz	3.235	3.235	0.0	0.0	0.0455	2.674	266.9	263.7
15. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0138	0.0138	0.0	0.0	0.0455	2.674	263.7	263.7
16. Straight Pipe 9.5 ft Down	-3.785	0.1239	0.0	-3.909	0.0455	-1.234	263.7	267.5
17. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0138	0.0138	0.0	0.0	0.0455	-1.234	267.5	266.1
18. Straight Pipe 103.0 ft Horiz	1.344	1.344	0.0	0.0	0.0455	-1.234	266.1	266.1
19. Elbow - 45 Degree Long Radius	0.0084	0.0084	0.0	0.0	0.0455	-1.234	266.1	266.1
20. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	0.013	0.013	0.0	0.0	0.0455	-1.234	266.1	266.1
21. Elbow - 45 Degree Long Radius	0.0084	0.0084	0.0	0.0	0.0455	-1.234	266.1	266.0
22. Straight Pipe 3.0 ft Horiz	0.0391	0.0391	0.0	0.0	0.0455	-1.234	266.0	266.0
23. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0138	0.0138	0.0	0.0	0.0455	-1.234	266.0	266.0
24. Straight Pipe 0.66 ft Down	-0.263	0.0084	0.0	-0.2716	0.0455	-1.506	266.0	266.3
25. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0138	0.0138	0.0	0.0	0.0455	-1.506	266.3	266.3
26. Straight Pipe 2.5 ft Horiz	0.0326	0.0326	0.0	0.0	0.0455	-1.506	266.2	266.2
27. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0138	0.0138	0.0	0.0	0.0455	-1.506	266.2	266.2
28. Straight Pipe 0.66 ft Up	0.2002	0.0002	0.0	0.2716	0.0455	1.234	266.2	269.9
29. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0138	0.0138	0.0	0.0	0.0455	1.234	269.9	265.9
30. Sudden Enlargement > 2.067 in	-0.0224	0.0064	-0.0288	0.0	0.0168	1.234	266.0	266.0
31. Fixed PDrop - metres, pascones, valvulas	5.014	5.0	0.0137	0.0	0.0326	1.234	266.0	260.9
32. Straight Pipe 2.58 ft Horiz	0.0131	0.0268	0.0137	0.0	0.0168	1.234	260.9	260.9
33. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0045	0.0045	0.0	0.0	0.0168	1.234	260.9	261.2
34. Straight Pipe 0.66 ft Down	-0.2684	0.0032	0.0	-0.2716	0.0168	1.506	261.2	261.2
35. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0045	0.0045	0.0	0.0	0.0168	1.506	261.2	261.2
36. Straight Pipe 1.66 ft Horiz	0.008	0.008	0.0	0.0	0.0168	1.506	261.2	261.2
37. Blanked-off Tee Line Flow	0.0028	0.0028	0.0	0.0	0.0168	1.506	261.2	261.2
38. Straight Pipe 3.66 ft Horiz	0.0176	0.0176	0.0	0.0	0.0168	1.506	261.2	261.2
39. Check Valve - Conventional Swing	0.0309	0.0309	0.0	0.0	0.0168	1.506	261.1	261.1
40. Gate Valve - Disc Type	0.0037	0.0037	0.0	0.0	0.0168	1.506	261.1	261.1
41. Blanked-off Tee Branch Flow	0.012	0.012	0.0	0.0	0.0168	1.506	261.1	261.1
42. Straight Pipe 1.25 ft Horiz	0.0197	0.006	0.0137	0.0	0.0305	1.506	261.1	261.1

Total Static Pressure Drop: 8.907 psi  
Total Friction Pressure Drop: 10.38 psi  
Total Kinetic Pressure Drop: 0.0305 psi  
Total Elevation Pressure Drop: -1.506 psi

Inlet Reynolds Number: 0.0



# Fittings Report

## Notes:

1. Pressure Recovery always calculated for Flow Meters.
2. Reducer Fitting based on CHANB, not on EXXON UPS.

## Process Data

Minimum Outlet Pressure	14.7 psia		
Maximum Inlet Pressure	5000.0 psia		
Temperature	degF		
Pressure	270.0 psia		
Wt. Fraction Vapor	0.0		
Property			
Mass Flow (lb/h)	Total	Liquid	Vapor
Enthalpy (Btu/lb)	7646.9	7646.9	0.0
Density (SGR)	0.0	0.95	0.0
Specific Gravity (SGP)	0.0		
Heat Capacity (Btu/lb.F)			
Dynamic Viscosity (cP)			
Kinematic Viscosity (cSt)		20.0	
Thermal Conductivity (Btu/n.ft.f)			
Surface Tension (dyn/cm)			
Cp/Cv (actual)			
Cp/Cv (ideal)			0.0
Saturation Pressure (psia)			

## Case Notes

Outlet losses @ norm. flow rate for PIC-116. Real estimated viscosity of 7.37 cP: watch transition zone flow warning (DP XIV-B). 20 cP viscosity used (less than 0.5 psi diff.). Calculations by DXSANCH.

# ANEXO 3M: Cálculo de Caídas de Presión (Pérdidas Aguas Arriba a Flujo Máximo).

Fittings Port

Inlet losses (a) max. flow rate for PTC-116

Fitting Summary Data

Forward Calculation Mode - Inlet Conditions Specified

Fitting Name	Outlet Diameter in	Inlet Flow lb/h	K	Outlet Density SPGR	Outlet Velocity ft/s	Inlet Temperature degF	Friction Factor
1. Pipeline Entrance - Sharp-Edged 2.067 in	2.067	12491.3	0.5	0.95	2.522	0.0047	0.0047
2. Straight Pipe 1.92 ft Horiz	2.067	12491.3	0.4111	0.95	2.522	0.0092	0.0092
3. Blanked-off Tee Line Flow	2.067	12491.3	0.1871	0.95	2.522	0.0047	0.0047
4. Check Valve - Conventional Swing	2.067	12491.3	2.564	0.95	2.522	0.0047	0.0047
5. Gate Valve - Disc Type	2.067	12491.3	0.2469	0.95	2.522	0.0047	0.0047
6. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	12491.3	0.2963	0.95	2.522	0.0047	0.0047
7. Straight Pipe 4.25 ft Horiz	2.067	12491.3	0.9099	0.95	2.522	0.0092	0.0092
8. Gate Valve - Disc Type	2.067	12491.3	0.2469	0.95	2.522	0.0047	0.0047
9. Blanked-off Tee Branch Flow	2.067	12491.3	0.7923	0.95	2.522	0.0047	0.0047
10. Straight Pipe 7.58 ft Horiz	2.067	12491.3	1.623	0.95	2.522	0.0092	0.0092
11. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	12491.3	0.2963	0.95	2.522	0.0047	0.0047
12. Straight Pipe 2.42 ft Up	2.067	12491.3	0.5181	0.95	2.522	0.0092	0.0092
13. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	12491.3	0.2963	0.95	2.522	0.0047	0.0047
14. Straight Pipe 2.42 ft Horiz	2.067	12491.3	0.5181	0.95	2.522	0.0092	0.0092
15. Blanked-off Tee Branch Flow	2.067	12491.3	0.7923	0.95	2.522	0.0047	0.0047
16. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	2.067	12491.3	0.2141	0.95	2.522	0.0092	0.0092
17. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	12491.3	0.2963	0.95	2.522	0.0047	0.0047
18. Straight Pipe 2.42 ft Down	2.067	12491.3	0.5181	0.95	2.522	0.0092	0.0092
19. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	12491.3	0.2963	0.95	2.522	0.0047	0.0047
20. Straight Pipe 2.75 ft Horiz	2.067	12491.3	0.5888	0.95	2.522	0.0092	0.0092
21. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	12491.3	0.2963	0.95	2.522	0.0047	0.0047
22. Straight Pipe 0.86 ft Up	2.067	12491.3	0.1413	0.95	2.522	0.0092	0.0092
23. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	12491.3	0.2963	0.95	2.522	0.0047	0.0047
24. Straight Pipe 5.58 ft Horiz	2.067	12491.3	1.195	0.95	2.522	0.0092	0.0092
25. Fixed P/Prop - metros, pascones, valvulas	2.067	12491.3	0.95	0.95	2.522	0.0047	0.0047
26. Sudden Contraction > 1.61 in	1.61	12491.3	0.1444	0.95	4.157	0.005	0.005
27. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	12491.3	0.336	0.95	4.157	0.005	0.005
28. Straight Pipe 0.66 ft Down	1.61	12491.3	0.1723	0.95	4.157	0.0088	0.0088
29. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	12491.3	0.336	0.95	4.157	0.005	0.005
30. Straight Pipe 1.16 ft Horiz	1.61	12491.3	0.3028	0.95	4.157	0.0088	0.0088
31. Blanked-off Tee Branch Flow	1.61	12491.3	0.8523	0.95	4.157	0.005	0.005
32. Straight Pipe 0.83 ft Up	1.61	12491.3	0.2167	0.95	4.157	0.0088	0.0088
33. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	12491.3	0.336	0.95	4.157	0.005	0.005
34. Straight Pipe 105.0 ft Horiz	1.61	12491.3	27.41	0.95	4.157	0.005	0.005
35. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	12491.3	0.336	0.95	4.157	0.005	0.005
36. Straight Pipe 9.33 ft Up	1.61	12491.3	2.436	0.95	4.157	0.0088	0.0088
37. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	12491.3	0.336	0.95	4.157	0.005	0.005
38. Straight Pipe 248.0 ft Horiz	1.61	12491.3	64.74	0.95	4.157	0.005	0.005
39. Blanked-off Tee Line Flow	1.61	12491.3	0.2101	0.95	4.157	0.0088	0.0088
40. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	12491.3	0.336	0.95	4.157	0.005	0.005
41. Straight Pipe 1.5 ft Down	1.61	12491.3	0.3916	0.95	4.157	0.0088	0.0088
42. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	12491.3	0.336	0.95	4.157	0.005	0.005
43. Straight Pipe 93.58 ft Horiz	1.61	12491.3	24.43	0.95	4.157	0.0088	0.0088
44. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	12491.3	0.336	0.95	4.157	0.005	0.005
45. Straight Pipe 14.16 ft Horiz	1.61	12491.3	3.697	0.95	4.157	0.0088	0.0088

23-Jul-2010 10:40:34 AM

# Fittings Report

Fitting Name	DeltaP psi	Friction DeltaP psi	Kinetic DeltaP psi	Elevation Feet	Outlet KineticP psia	Outlet ElevationP psia	Inlet StaticP psia	Outlet StaticP psia
46. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	12491.3	0.336	0.95	4.157		0.005	
47. Straight Pipe 1.16 ft Down	1.61	12491.3	0.3028	0.95	4.157		0.0088	
48. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	12491.3	0.336	0.95	4.157		0.005	
49. Straight Pipe 15.66 ft Horiz	1.61	12491.3	4.088	0.95	4.157		0.0088	
50. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	12491.3	0.336	0.95	4.157		0.005	
51. Straight Pipe 80.58 ft Horiz	1.61	12491.3	21.04	0.95	4.157		0.0088	
52. Elbow - 45 Degree Long Radius	1.61	12491.3	0.3028	0.95	4.157		0.005	
53. Straight Pipe 1.91 ft Horiz	1.61	12491.3	0.4986	0.95	4.157		0.0088	
54. Elbow - 45 Degree Long Radius	1.61	12491.3	0.2031	0.95	4.157		0.005	
55. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	1.61	12491.3	0.2611	0.95	4.157		0.0088	
56. Straight Pipe 20.0 ft Horiz	1.61	12491.3	5.221	0.95	4.157		0.005	
57. Straight Pipe 11.6 ft Horiz	1.61	12491.3	3.028	0.95	4.157		0.0088	
58. Split/Join Tee Line Flow > 1.61 in	1.61	12491.3		0.95	3.82		0.005	
59. Straight Pipe 4.4 ft Horiz	1.61	11479.9	1.172	0.95	3.82		0.0088	
60. Straight Pipe 17.5 ft Horiz	1.61	11479.9	4.66	0.95	3.82		0.005	
61. Blanked-off Tee Line Flow	1.61	11479.9	0.2101	0.95	3.82		0.0088	
62. Straight Pipe 10.0 ft Horiz	1.61	11479.9	2.663	0.95	3.82		0.005	
63. Split/Join Tee Line Flow > 1.61 in	1.61	9601.5		0.95	3.195		0.0088	
64. Straight Pipe 4.16 ft Horiz	1.61	9601.5	1.156	0.95	3.195		0.005	
65. Straight Pipe 0.83 ft Horiz	1.61	9601.5	0.2307	0.95	3.195		0.0088	
66. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.005	
67. Straight Pipe 0.66 ft Horiz	1.61	9601.5	0.1835	0.95	3.195		0.0088	
68. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.005	
69. Straight Pipe 50.0 ft Horiz	1.61	9601.5	13.9	0.95	3.195		0.0088	
70. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.005	
71. Straight Pipe 2.0 ft Up	1.61	9601.5	0.556	0.95	3.195		0.0088	
72. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.005	
73. Straight Pipe 8.75 ft Horiz	1.61	9601.5	2.432	0.95	3.195		0.0088	
74. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.005	
75. Straight Pipe 2.0 ft Down	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.0088	
76. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.005	
77. Straight Pipe 7.16 ft Horiz	1.61	9601.5	1.99	0.95	3.195		0.0088	
78. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.005	
79. Straight Pipe 2.0 ft Down	1.61	9601.5	0.556	0.95	3.195		0.0088	
80. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.005	
81. Straight Pipe 2.33 ft Horiz	1.61	9601.5	0.6477	0.95	3.195		0.0088	
82. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.005	
83. Straight Pipe 3.41 ft Down	1.61	9601.5	0.9479	0.95	3.195		0.0088	
84. Straight Pipe 0.75 ft Down	1.61	9601.5	0.2101	0.95	3.195		0.005	
85. Blanked-off Tee Line Flow	1.61	9601.5	0.1737	0.95	3.195		0.0088	
86. Straight Pipe 0.625 ft Down	1.61	9601.5	0.2101	0.95	3.195		0.005	
87. Blanked-off Tee Line Flow	1.61	9601.5	0.4865	0.95	3.195		0.0088	
88. Straight Pipe 7.75 ft Down	1.61	9601.5	0.2623	0.95	3.195		0.005	
89. Gate Valve Disc Type	1.61	9601.5	0.695	0.95	3.195		0.0088	
90. Straight Pipe 2.5 ft Down	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.005	
91. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.278	0.95	3.195		0.0088	
92. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.005	
93. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.0088	



# Fittings Report

1. Pipeline Entrance - Sharp-Edged 2.067 in	0.0649	0.0202	0.0447	0.0	0.0447	0.0	270.0	269.9
2. Straight Pipe 1.92 ft Horiz	0.0166	0.0166	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.9	269.9
3. Blank-off Tee Line Flow	0.0076	0.0076	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.9	269.9
4. Check Valve - Conventional Swing	0.1036	0.1036	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.9	269.8
5. Gate Valve - Disc Type	0.01	0.01	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.8	269.8
6. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.012	0.012	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.8	269.8
7. Straight Pipe 4.25 ft Horiz	0.0368	0.0368	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.8	269.7
8. Gate Valve - Disc Type	0.01	0.01	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.7	269.7
9. Blank-off Tee Branch Flow	0.032	0.032	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.7	269.7
10. Straight Pipe 7.58 ft Horiz	0.0656	0.0656	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.7	269.6
11. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.012	0.012	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.6	269.6
12. Straight Pipe 2.42 ft Up	1.017	0.0209	0.0	0.9957	0.0447	0.9957	269.6	268.6
13. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.012	0.012	0.0	0.0	0.0447	0.0	268.6	268.6
14. Straight Pipe 2.42 ft Horiz	0.0209	0.0209	0.0	0.0	0.0447	0.0	268.6	268.6
15. Blank-off Tee Branch Flow	0.032	0.032	0.0	0.0	0.0447	0.0	268.6	268.5
16. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	0.0000	0.0000	0.0	0.0	0.0447	0.0	268.5	268.5
17. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.012	0.012	0.0	0.0	0.0447	0.0	268.5	268.5
18. Straight Pipe 2.42 ft Down	-0.9748	0.0209	0.0	-0.9957	0.0447	0.9957	268.5	269.5
19. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.012	0.012	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.5	269.5
20. Straight Pipe 8.72 ft Horiz	0.0250	0.0250	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.5	269.5
21. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.012	0.012	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.5	269.5
22. Straight Pipe 0.66 ft Up	0.2773	0.0057	0.0	0.2716	0.0447	0.2716	269.5	269.2
23. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.012	0.012	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
24. Straight Pipe 5.58 ft Horiz	0.0482	0.0482	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
25. Fixed PDrop - metros, valves	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
26. Sudden Contraction > 1.61 in	0.0927	0.0158	0.0	0.0768	0.0447	0.0768	269.2	269.2
27. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0369	0.0369	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
28. Straight Pipe 0.66 ft Down	-0.2527	0.0369	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
29. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0369	0.0369	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
30. Straight Pipe 1.16 ft Horiz	0.0332	0.0332	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
31. Blank-off Tee Branch Flow	0.0935	0.0935	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
32. Straight Pipe 0.83 ft Up	0.3653	0.0238	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
33. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0369	0.0369	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
34. Straight Pipe 105.0 ft Horiz	3.008	3.008	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
35. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0369	0.0369	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
36. Straight Pipe 9.33 ft Up	4.106	0.263	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
37. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0369	0.0369	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
38. Straight Pipe 248.0 ft Horiz	7.105	7.105	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
39. Blank-off Tee Line Flow	0.0231	0.0231	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
40. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0369	0.0369	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
41. Straight Pipe 1.5 ft Down	-0.5242	0.0369	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
42. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0369	0.0369	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
43. Straight Pipe 53.58 ft Horiz	2.681	2.681	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
44. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0369	0.0369	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
45. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	0.0000	0.0000	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
46. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0369	0.0369	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
47. Straight Pipe 1.16 ft Down	-0.4441	0.0369	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
48. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0369	0.0369	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
49. Straight Pipe 18.46 ft Horiz	0.4407	0.4407	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
50. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0369	0.0369	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
51. Straight Pipe 80.58 ft Horiz	2.309	2.309	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
52. Elbow - 45 Degree Long Radius	0.0223	0.0223	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
53. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	0.0000	0.0000	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
54. Elbow - 45 Degree Long Radius	0.0223	0.0223	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2
55. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	0.0286	0.0286	0.0	0.0	0.0447	0.0	269.2	269.2

# Fittings Report

56. Straight Pipe 20.0 ft Horiz	0.573	0.573	0.0	0.0	0.1215	3.086	244.2	243.6
57. Straight Pipe 11.6 ft Horiz	0.3323	0.3323	0.0	0.0	0.1215	3.086	243.6	243.3
58. Split/Join Tee Line Flow > 1.61 in	-0.0169	0.002	-0.0189	0.0	0.1027	3.086	243.3	243.3
59. Straight Pipe 4.4 ft Horiz	0.1086	0.1086	0.0	0.0	0.1027	3.086	243.3	242.8
60. Straight Pipe 17.5 ft Horiz	0.4319	0.4319	0.0	0.0	0.1027	3.086	242.8	242.7
61. Blanked-off Tee Line Flow	0.0195	0.0195	0.0	0.0	0.1027	3.086	242.7	242.5
62. Straight Pipe 10.0 ft Horiz	0.2468	0.2468	0.0	0.0	0.1027	3.086	242.5	242.5
63. Split/Join Tee Line Flow > 1.61 in	-0.0272	0.0037	-0.0308	0.0	0.0718	3.086	242.5	242.5
64. Straight Pipe 4.16 ft Horiz	0.075	0.075	0.0	0.0	0.0718	3.086	242.5	242.4
65. Straight Pipe 0.83 ft Horiz	0.015	0.015	0.0	0.0	0.0718	3.086	242.4	242.4
66. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	3.086	242.4	242.4
67. Straight Pipe 0.66 ft Horiz	0.0119	0.0119	0.0	0.0	0.0718	3.086	242.4	242.4
68. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	3.086	242.4	242.4
69. Straight Pipe 50.0 ft Horiz	0.9012	0.9012	0.0	0.0	0.0718	3.086	242.4	241.5
70. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	3.086	242.4	241.5
71. Straight Pipe 2.0 ft Horiz	0.039	0.039	0.0	0.0	0.0718	3.086	241.5	241.4
72. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	3.086	241.4	240.6
73. Straight Pipe 8.75 ft Horiz	0.1577	0.1577	0.0	0.0	0.0718	3.086	240.6	240.4
74. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	3.086	240.4	240.4
75. Straight Pipe 3.0 ft Down	0.7060	0.036	0.0	-0.6223	0.0718	3.086	240.4	241.4
76. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	3.086	241.2	241.0
77. Straight Pipe 7.16 ft Horiz	0.1291	0.1291	0.0	0.0	0.0718	3.086	241.2	241.0
78. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	3.086	241.0	241.0
79. Straight Pipe 2.0 ft Down	-0.7860	0.036	0.0	0.0	0.0718	3.086	241.0	241.0
80. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	3.086	241.8	241.8
81. Straight Pipe 2.33 ft Horiz	0.042	0.042	0.0	0.0	0.0718	3.086	241.7	241.7
82. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	3.086	241.7	241.7
83. Straight Pipe 3.41 ft Down	-1.342	0.0615	0.0	-1.403	0.0718	3.086	241.7	241.7
84. Straight Pipe 0.75 ft Down	-0.2951	0.0135	0.0	-0.3086	0.0718	3.086	243.0	243.3
85. Blanked-off Tee Line Flow	0.0136	0.0136	0.0	0.0	0.0718	3.086	243.3	243.3
86. Straight Pipe 0.625 ft Down	-0.2459	0.0113	0.0	-0.2572	0.0718	3.086	243.3	243.6
87. Blanked-off Tee Line Flow	0.0136	0.0136	0.0	0.0	0.0718	3.086	243.6	243.6
88. Straight Pipe 1.75 ft Down	-0.6885	0.0315	0.0	-0.7201	0.0718	3.086	244.2	244.2
89. Gate Valve - Disc Type	0.017	0.017	0.0	0.0	0.0718	3.086	244.2	244.2
90. Straight Pipe 2.5 ft Down	-0.9836	0.0451	0.0	-1.029	0.0718	3.086	244.2	245.2
91. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	3.086	245.2	245.2
92. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	0.018	0.018	0.0	0.0	0.0718	3.086	245.2	245.2
93. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	3.086	245.2	245.2

Total Static Pressure Drop: 24.85 psi  
Total Friction Pressure Drop: 26.23 psi  
Total Kinetic Pressure Drop: 0.0718 psi  
Total Elevation Pressure Drop: -1.455 psi

Inlet Reynolds Number: 0.0

## Notes:

1. Pressure Recovery always calculated for Flow Meters.
2. Reduced Fitting Based on Crane, not on Exxon DTS.



### Process Data

Temperature	degF
Pressure	270.0 psia
Wt. Fraction Vapor	0.0

Property	Total	Liquid	Vapor	Water
Mass Flow (lb/h)	12491.3	12491.3	0.0	0.0
Enthalpy (Btu/h)	n n			0.0
Enthalpy (Btu/lb)	0.0			0.0
Density (SPGR)	0.0	0.95		0.0
Specific Gravity SGTP				0.0
Compressibility (d)				0.0
Heat Capacity (Btu/lb.F)				0.0
Dynamic Viscosity (cP)				0.0
Kinematic Viscosity (cSt)		7.37		0.0
Thermal Conductivity (Btu/h.ft.F)				0.0
Surface Tension (dyn/cm)				0.0
Cp/Cv (actual)				0.0
Cp/Cv (ideal)				0.0
Saturation Pressure (psia)	n n			

Inlet Losses @ max. flow rate for PIC-116. Calculation by DXSANCH.

# ANEXO 3M: Cálculo de Caídas de Presión (Pérdidas Aguas Abajo a Flujo Máximo).

## Fittings Report

Outlet losses @ max flow rate for Prr-116

### Fitting Summary Data

Forward Calculation Mode - Inlet Conditions Specified

Fitting Name	Outlet diameter in	Inlet elev lb/h	K	Outlet density SEGR	Outlet velocity ft/s	Inlet temperature degf	Friction factor
1. Pipeline Entrance - Well-Rounded 1.61 in	1.61	9601.5	0.04	0.95	3.195		0.005
2. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.4027	0.95	3.195		0.0085
3. Straight Pipe 4.5 ft Up	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.005
4. Gate Valve - Disc type	1.61	9601.5	1.137	0.95	3.195		0.0085
5. Straight Pipe 1.5 ft Horiz	1.61	9601.5	0.3789	0.95	3.195		0.005
6. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.2623	0.95	3.195		0.0085
7. Straight Pipe 5.0 ft Horiz	1.61	9601.5	1.263	0.95	3.195		0.005
8. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.0085
9. Straight Pipe 6.66 ft Horiz	1.61	9601.5	1.682	0.95	3.195		0.005
10. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.005
11. Straight Pipe 2.0 ft Up	1.61	9601.5	0.5052	0.95	3.195		0.0085
12. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.005
13. Blank-off Tee Line Flow	1.61	9601.5	0.2101	0.95	3.195		0.005
14. Straight Pipe 248.0 ft Horiz	1.61	9601.5	62.65	0.95	3.195		0.0085
15. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.005
16. Straight Pipe 9.5 ft Down	1.61	9601.5	2.4	0.95	3.195		0.0085
17. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.005
18. Straight Pipe 103.0 ft Horiz	1.61	9601.5	26.02	0.95	3.195		0.0085
19. Elbow - 45 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.2031	0.95	3.195		0.005
20. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	1.61	9601.5	0.2526	0.95	3.195		0.0085
21. Elbow - 45 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.2031	0.95	3.195		0.005
22. Straight Pipe 3.0 ft Horiz	1.61	9601.5	0.7579	0.95	3.195		0.0085
23. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.005
24. Straight Pipe 0.66 ft Down	1.61	9601.5	0.1667	0.95	3.195		0.0085
25. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.005
26. Straight Pipe 2.5 ft Horiz	1.61	9601.5	0.6316	0.95	3.195		0.0085
27. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.336	0.95	3.195		0.005
28. Straight Pipe 0.66 ft Up	1.61	9601.5	0.1667	0.95	3.195		0.0085
29. Elbow - 90 Degree Long Radius	1.61	9601.5	0.336	0.95	2.195		0.005
30. Sudden Enlargement > 2.067 in	2.067	9601.5	0.1547	0.95	1.939		0.005
31. Fixed PDrop - metros, pascones, valvulas	2.067	9601.5		0.95	1.939		0.0047
32. Straight Pipe 5.58 ft Horiz	2.067	9601.5	1.41	0.95	1.939		0.0109
33. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	9601.5	0.363	0.95	1.939		0.0047
34. Straight Pipe 0.66 ft Down	2.067	9601.5	0.1667	0.95	1.939		0.0109
35. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	9601.5	0.2963	0.95	1.939		0.0047
36. Straight Pipe 1.66 ft Horiz	2.067	9601.5	0.4194	0.95	1.939		0.0109
37. Elbow - 90 Degree Long Radius	2.067	9601.5	0.4071	0.95	1.939		0.0047
38. Straight Pipe 3.66 ft Horiz	2.067	9601.5	0.8246	0.95	1.939		0.0109
39. Check Valve - Conventional Swing	2.067	9601.5	2.564	0.95	1.939		0.0047
40. Gate Valve - Disc type	2.067	9601.5	0.2469	0.95	1.939		0.0047
41. Blank-off Tee Branch Flow	2.067	9601.5	0.7923	0.95	1.939		0.0047
42. Straight Pipe 1.25 ft Horiz	2.067	9601.5	0.3158	0.95	1.939		0.0109

Fitting Name	DeltaP	Friction	Kinetic	Elevation	Outlet	Inlet	Outlet
--------------	--------	----------	---------	-----------	--------	-------	--------

# Fittings Report

	psi	DeltaP psi	DeltaP ft	DeltaT psi	KineticP psi	ElevationP ft	StaticP ft	StaticP psi
1. Pipeline Entrance - Well-Rounded 1.61 in	0.0744	0.0026	0.0718	0.0	0.0718	0.0	269.7	269.6
2. Straight Pipe 0.83 ft Horiz	0.0136	0.0136	0.0	0.0	0.0718	0.0	269.6	269.6
3. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0136	0.0136	0.0	0.0	0.0718	0.0	269.6	269.6
4. Straight Pipe 4.5 ft Up	1.9218	0.0737	0.0	1.852	0.0718	1.852	269.6	267.7
5. Gate Valve - Disc Type	0.017	0.017	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.6	267.6
6. Straight Pipe 1.5 ft Horiz	0.0246	0.0246	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.6	267.6
7. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
8. Straight Pipe 6.66 ft Horiz	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
9. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
10. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
11. Straight Pipe 2.0 ft Up	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
12. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
13. Blanked-off Tee Line Flow	0.0136	0.0136	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
14. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0136	0.0136	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
15. Straight Pipe 9.5 ft Down	4.062	4.062	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
16. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
17. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
18. Straight Pipe 103.0 ft Horiz	1.687	1.687	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
19. Elbow - 45 Degree Long Radius	0.0136	0.0136	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
20. Straight Pipe 1.0 ft Horiz	0.0136	0.0136	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
21. Elbow - 45 Degree Long Radius	0.0136	0.0136	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
22. Straight Pipe 3.0 ft Horiz	0.0491	0.0491	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
23. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
24. Straight Pipe 0.66 ft Down	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
25. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
26. Straight Pipe 2.5 ft Horiz	0.041	0.041	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
27. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
28. Straight Pipe 0.66 ft Up	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
29. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0218	0.0218	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
30. Sudden Enlargement > 2.067 in	-0.0353	0.01	-0.0454	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
31. Fixed Piping - metres, pasrnes, valmlae	5.022	5.0	0.0216	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
32. Straight Pipe 5.58 ft Horiz	0.012	0.0336	-0.0216	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
33. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0071	0.0071	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
34. Straight Pipe 0.66 ft Down	-0.2676	0.0071	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
35. Elbow - 90 Degree Long Radius	0.0071	0.0071	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
36. Blanked-off Tee Line Flow	0.0045	0.0045	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
37. Straight Pipe 3.66 ft Horiz	0.0221	0.0221	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
38. Check Valve - Conventional Swing	0.0059	0.0059	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
39. Gate Valve - Disc Type	0.0189	0.0189	0.0	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
40. Blanked-off Tee Branch Flow	0.0292	0.0075	0.0216	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
41. Straight Pipe 1.25 ft Horiz	0.0292	0.0075	0.0216	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5
42. Straight Pipe 1.25 ft Horiz	0.0292	0.0075	0.0216	0.0	0.0718	1.852	267.5	267.5

Total Static Pressure Drop: 10.38 psi  
 Total Friction Pressure Drop: 11.04 psi  
 Total Kinetic Pressure Drop: 0.0481 psi  
 Total Elevation Pressure Drop: -1.506 psi

Triset Reynolds Number: 0.0



# Fittingo Report

## Notes:

1. Pressure Recovery always calculated for Flow Meters.
2. Reducer Fitting based on CRANE, not on Exxon DBs

## Process Data

Minimum Outlet Pressure	14.7 psia		
Maximum Inlet Pressure	5000.0 psia		
Temperature	degF		
Pressure	269.7 psia		
Wt. Fraction Vapor	0.0		
Property			
Mass Flow (lb/h)	Total	Liquid	Vapor
Molecular Weight	9601.5	9601.5	0.0
Enthalpy (Btu/lb)	0.0		0.0
Density (SEGR)	0.0	0.95	0.0
Specific Gravity @STP			0.0
Compressibility (Z)			0.0
Heat Capacity (Btu/lb.F)			0.0
Dynamic Viscosity (cP)		20.0	0.0
Kinematic Viscosity (cSt)			0.0
Thermal Conductivity (Btu/h.ft.F)			0.0
Surface Tension (dyn/cm)			0.0
Cp/Cv (actual)			0.0
Cp/Cv (ideal)			0.0
Saturation Pressure (psia)			0.0

## Case Notes

Outlet losses @ max flow rate for PIC-116. Real estimated viscosity of 7.37 cP: watch transition zone flow warning (DP XIV-B). 20 cP viscosity used (less than 1 psi diff.). Calculations by DKSANCH.

## ANEXO 3N: Reporte de Simulación de Propiedades del Fluido.

QUEST/DISTEX

### Stream Property Information

Stream Database: C:\Local\Shared\PEGSYS32 v.0\STRMDATA\daniel.QDB  
 Folder: New Folder 1  
 Component Set: F.Oil  
 Stream: F.Oil  
 Thermodynamic Method: standard dcubeos  
 EDL Version: 3.00

Temp (degF)	Pres (psia)	Frac Vap (mole)	Kinematic Viscosity cSt		Mixture dynamic viscosity cP	
			Liquid	Vapor	Liquid	Vapor
250.000	270.0000	0.0000	8.277748	...	7.344213	...
Temp (degF)	Pres (psia)	Frac Vap (mole)	Mixture kinematic viscosity cSt		Molecular weight	
			Liquid	Vapor	Liquid	Vapor
250.000	270.0000	0.0000	8.277748	...	400.9958	...
Temp (degF)	Pres (psia)	Frac Vap (mole)	Specific gravity			
			Liquid	Vapor		
250.000	270.0000	0.0000	0.9560813	...		

## ANEXO 30: Hoja de Verificación de Diámetro de Tubería

### Pressure Drop Over Range of Diameters

Stream Properties (at the pipe entrance)

Temperature 250.0 degF  
Pressure 130.0 psig  
Wt. Fraction Vapor 0.0

Property	Total	Liquid	Vapor	Water
Mass Flow (lb/h)	9601.0	9601.0	0.0	0.0
Molecular Weight	0.0			0.0
Enthalpy (Btu/lb)	0.0			0.0
Density (SPGR)	0.0	0.95		0.0
Specific Gravity @STP				0.0
Compressibility (Z)				0.0
Heat Capacity (Btu/lb.F)				0.0
Dynamic Viscosity (cP)		7.37		0.0
Kinematic Viscosity (cSt)				0.0
Thermal Conductivity (Btu/h.ft.F)				0.0
Surface Tension (dyn/cm)				
Cp/Cv (actual)				
Cp/Cv (ideal)			0.0	
Saturation Pressure (psia)				

Pipe Actual Diameters for Schedule 80 (Extra Strength) Pipe

Velocity, Re and % Sonic reported at pipe outlet.

Nominal Diameter in	Actual Diameter in	Equiv Length ft	Friction Factor	Reynolds Number	Velocity ft/s	Friction Pdrop psi	Accel Pdrop psi	Elevation Pdrop psi	Total Pdrop psi
3/4	0.742	100.0	0.0083	11117.9	15.04	77.32	0.0	0.0	77.3
1	0.957	100.0	0.0085	8620.1	9.043	22.22	0.0	0.0	22.2
1-1/4	1.278	100.0	0.0089	6455.0	5.071	5.469	0.0	0.0	5.46
1-1/2	1.5	100.0	0.0092	5499.6	3.681	2.531	0.0	0.0	2.53
2	1.939	100.0	0.0097	4254.5	2.203	0.7408	0.0	0.0	0.740
2-1/2	2.323	100.0	0.0101	3551.2	1.535	0.3133	0.0	0.0	0.313
3	2.9	100.0	0.0107	2844.6	0.9848	0.1093	0.0	0.0	0.109
3-1/2	3.364	100.0	0.0111	2452.3	0.7318	0.0541	0.0	0.0	0.054
4	3.826	100.0	0.0115	2156.2	0.5658	0.0294	0.0018	0.0	0.031
5	4.813	100.0	0.0093	1714.0	0.3575	0.0076	0.0	0.0	0.007
6	5.761	100.0	0.0112	1432.0	0.2495	0.0037	0.0	0.0	0.003
8	7.625	100.0	0.0148	1081.9	0.1424	0.0012	0.0	0.0	0.001

\* La velocidad máxima por la DP ~~XIV~~ para fuel Oil pesado es de 6 ft/s, por lo tanto 1 1/2" NPS estará OK.

## ANEXO 3P: Cálculo de Espesor de Tubería

### Pipe Wall Thickness Calculations

Line/Service	UTL-PV-116 F.Oil Return	Date	6-Dec-10
Project	Remplazo de UTL-PV-116	Drawing	

- Notes: see pressure drop calculations for nominal pipe size 1 1/2" diameter selection

#### Calculation Blocks

Pipe Material:	Carbon Steel ASTM A-106 Grade B
Design Temperature, °F:	250
Selected Pipe NPS:	NPS 1 1/2"

#### Input Block

Variable	Nomenclature	Value	Source
P	Design Pressure, Psi	300	Process Design
D	Pipe Outside Diameter, in	1.9	From NPS Pipe Tables
S	Allowable Stress for Material @ Temp., psi	20,000	ASME B31.3 Apx. A
c	Total Allowance, in	0.125	MANREF's Standard
E	ASME Longitudinal Weld Factor	1	ASME B31.3 Table A-1B
W	Weld Joint Strength Reduction Factor	1	ASME B31.3, para. 302.3.5(e)
Y	ASME Coefficient	0.4	ASME B31.3, Table 304.1.1

#### Output Block

Variable	Nomenclature	Value
t	Minimum Pressure Design Thickness, in	0.014
tm	Nominal Design Thickness, in	0.139
tn	Required Wall Thickness, in	0.159

#### Selection Block

Selected Pipe Schedule:	Sch 80/ XS
Selected Pipe Schedule Wall Thickness, in:	0.200
Extra Wall Thickness (Selected - Required), in:	0.041

#### General Notes:

- Blue letter indicates a calculated value.
- Red Background indicates an alert.
- Light Green Background indicates acceptable values.

For equation details, see DP XIV-B and ASME B31.3

## ANEXO 3Q: Verificación de Espesor de Aislamiento Térmico

INPUT DATA:				INTERMEDIATE CALCULATIONS:				DP 16B Ref
				Data Source:				
Engineer's name/initials		DXSANCH			Est Insul'n Surf Temp	Ti	103.63 degF	
Case Name		Spool PICV-116			Air Film Temp Diff	dT	35.63 degF	
Calculation date		03-sep-12			Insuln Outside Diam	L	0.4918 ft	
Preferred units (US, SI)		US			Gr.Pr	Gr.Pr	6.51E+05	Eq. (4)
					Constant	C	0.590	Table A
					Constant	n	0.250	Table A
<b>Fluid Properties:</b>								
Process Temp (In)	Tf	280	degF	Process	Natural Conv'n Coef	hnc (1)	0.53 BTU/h/ft2/F	Eq. (3)
Fluid Specific Heat	Cp	0.53	BTU/lb/F	QuestDistex	Natural Conv'n Coef	hnc (2)	0.52 BTU/h/ft2/F	Curve fit
Fluid Mass Flow	W	9.60	klb/h	Process	Kinematic Viscosity	v	0.66 ft2/h	
Inside HTC	hf	1000	BTU/h/ft2/F	Nominal	Forced Conv'n Coef	hfc	5.51 BTU/h/ft2/F	Eq. (5)
DP hnc (1) or curve fit (2)?	Enter 1 or 2	1	Note 6 above		Combined Conv'n Coef	hc	5.54 BTU/h/ft2/F	Eq. (9)
					Radiation Coefficient	hr	0.24 BTU/h/ft2/F	Eq. (12)
<b>Pipe Properties:</b>					Environ't Side HTC	he	5.78 BTU/h/ft2/F	Eq. (16)
Pipe Nom Bore	NB	1.5	ins		Pipe Surf Area	A	1.5450 ft2/ft	
Insulation Thickness	t	2.00	ins					
Surface Emissivity	ε	0.20		Nominal				
Insulation Type			Calc'd k value >		Insulation Thermal Cond	k	0.398 BTU/h/ft2/F/in	DP16A data
[N/A - calc'd k value used]					Pipe wall temp OK			
Pipe length	L	30	ft	Planos				
<b>Air Properties evaluated at:</b>		50.00	degF					
Ambient Temperature	Te	100.0	degF		<b>RESULTS:</b>			
Wind Velocity	V	20.00	ft/s		Heat Loss (-ve = gain)	q'	32.41 BTU/h/ft	Eq. (29)
Thermal Exp'n Coefft	β	0.0020	degF^-1		Calc Insul'n Surf Temp	Ts	103.63 degF	Eq. (33b)
Density	ρ	0.071	lb/ft3		Est Pipe Wall Temp		279.98 degF	Eq. (30)
Specific Heat	Cp	0.260	BTU/lb/F		Total Temp Loss		0.2 degF	
Viscosity	μ	0.019	cP		Process Temp (Out)		279.8 degF	
Thermal Conductivity	kf	0.016	BTU/h/ft/F		Convergence		OK	